



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS PROPIEDADES DEL MORTERO DE CEMENTO CONVENCIONAL Y EL MORTERO DE CEMENTO CON ADITIVO RMIX111 DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN MINIMA DE 2000 PSI AL EMPLEARLO EN PANELES DE COVINTEC.**

Para optar al título de Ingeniero Civil.

**Elaborado por**

Br. Marilyn Michelle Zamora Torrez.

Br. Ramón Alejandro Méndez Bonilla.

**Tutor**

Ing. Israel Morales.

Managua, Noviembre 2015

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo primero a Dios, por darnos la oportunidad de vivir y por estar con nosotras en cada paso que damos, por fortalecer nuestro corazón e iluminar nuestra mente y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A nuestros padres por ser el pilar fundamental en todo lo que somos, en toda nuestra educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios en primer lugar por darme la sabiduría y el conocimiento para concluir mis estudios y la realización de la Monografía.

A Mis Familiares por el apoyo que siempre me han dado para lograr concluir mis estudios. En especial a mis Padres y hermana por el apoyo que me dieron para poder ver concluida esta Monografía.

A nuestro tutor **Israel Morales** y **Profesor Johny Robles**, que nos ayudaron en la estructuración y culminación de esta monografía.

**Marilyn Michelle Zamora Torrez**

A Dios porque es el motor que me impulsó para terminar con paciencia, dedicación, pero sobre todo brindarme salud y sabiduría para culminar mi carrera. A mis padres porque gracias a ellos pude superar muchos obstáculos que se presentaron a lo largo de mis estudios. A cada miembro de mi familia en especial a mi hermana por su apoyo incondicional a lo largo de estos años.

Al profesor **Ing. Israel Morales** quien nos ayudó en la elaboración de este trabajo monográfico, al **Ing. Johny Robles Díaz** por su apoyo en todas las tareas de laboratorio, brindando su experiencia y conocimiento en ésta área. Al **Ing. Marvin Blanco** responsable de laboratorio de materiales de construcción.

**Ramón Alejandro Méndez Bonilla.**

## **RESUMEN DEL TRABAJO**

La base principal del trabajo monográfico “Estudio comparativo entre las propiedades del mortero de cemento convencional y el mortero de cemento con aditivo Rmix111 de resistencia a compresión mínima de 2000 psi al emplearlo en paneles de Covintec” es la de brindar una clasificación a este nuevo aditivo.

Los materiales utilizados para elaborar el diseño de mezcla convencional fueron arena Motastepe, cemento Cemex tipo GU, ambos ensayados y analizados bajo su respectiva norma ASTM.

Para lograr una clasificación definitiva del aditivo Rmix111, se realizaron una serie de pruebas al diseño de mortero convencional tanto en estado fresco, como en estado endurecido, agregando diversas proporciones de aditivo y así poder analizar cuál era el efecto que sufrían sus principales propiedades como son el fraguado, fluidez (trabajabilidad), resistencia a compresión; Y la variación en pérdidas o desperdicio de mezcla entre el mortero convencional y el mortero con aditivo Rmix111 al aplicarlo a paneles de malla electrosoldada (Covintec).

## INDICE

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>ANTECEDENTES HISTÓRICOS.</b>	<b>2</b>
<b>III.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN.</b>	<b>5</b>
<b>IV.</b>	<b>OBJETIVOS.</b>	<b>6</b>
<b>V.</b>	<b>LIMITACIONES DEL TRABAJO.</b>	<b>7</b>
<b>VI.</b>	<b>MATERIALES EMPLEADOS PARA ELABORAR MORTERO.</b>	<b>8</b>
<b>VI.1</b>	<b>Arena (Agregado).</b>	<b>8</b>
VI.1.1	Clasificación de las Arenas.	8
VI.1.1.1	Procedencia.	8
VI.1.1.2	Densidad.	9
VI.1.1.3	Forma y Tamaño Superficial.	9
VI.1.2	Propiedades Físicas de los Agregados.	10
VI.1.2.1	Peso Unitario.	10
VI.1.2.2	Gravedad Específica.	10
VI.1.2.3	Absorción y Humedad.	11
VI.1.2.4	Granulometría.	11
VI.1.2.4.1	Módulo de Finura.	12
VI.1.2.4.2	Especificaciones Granulométricas.	13
VI.1.2.5	Colorimetría.	13
<b>VI.2</b>	<b>Cemento (Aglomerante).</b>	<b>14</b>
VI.2.1	Tipos de Cemento.	14
VI.2.1.1	Cemento Tipo GU.	14
VI.2.1.1.1	Características del Cemento Tipo GU.	15
VI.2.2	Propiedades del Cemento.	15
VI.2.2.1	Gravedad Específica del Cemento.	15
VI.2.2.2	Consistencia Normal del Cemento.	16
VI.2.2.3	Fraguado del Cemento.	16
VI.2.2.4	Resistencia Mecánica del Cemento.	16
VI.2.2.5	Finura del Cemento.	17
<b>VI.3</b>	<b>Agua para Mortero.</b>	<b>17</b>
VI.3.1	Usos del Agua para la Confección de Mortero.	18
<b>VI.4</b>	<b>Relación Agua–Cemento.</b>	<b>18</b>
<b>VI.5</b>	<b>Aditivo.</b>	<b>19</b>
VI.5.1	Características Generales de los Aditivos.	19
VI.5.2	Efectos de los Aditivos en el Mortero.	20
VI.5.2.1	En estado Fresco:	20
VI.5.2.2	En estado Endurecido:	20
VI.5.3	Clasificación de los Aditivos.	20
VI.5.3.1	Reductores de Agua (Tipo A).	21
VI.5.3.1.1	Reductores de Agua de Medio Rango.	22
VI.5.3.2	Retardante (Tipo B).	22

VI.5.3.3 Acelerante (Tipo C).....	23
VI.5.3.4 Reductor de Agua y Retardante (Tipo D).....	24
VI.5.3.5 Reductor de Agua y Acelerante (Tipo E).....	24
VI.5.3.6 Reductores de Agua de Alto Rango (Tipo F y G).....	25
VI.5.3.7 Plastificante (Tipo I y II).....	25
<b>VI.6 Paneles Covintec. ....</b>	<b>26</b>
VI.6.1 Descripción del Sistema Constructivo. ....	26
VI.6.2.1 Ventajas Técnicas.....	27
VI.6.2.2 Ventajas Económicas.....	27
VI.6.2.3 Ventajas Estructurales.....	29
<b>VII. PRUEBAS ELABORADAS A LOS MATERIALES. ....</b>	<b>30</b>
<b>VII.1. Pruebas Realizadas a la Arena (Agregado). ....</b>	<b>30</b>
VII.1.1 Reducción de la Muestra de Agregado a Tamaño de Prueba.....	30
VII.1.2 Determinación del Pesos Volumétricos Seco Suelto y Seco Compacto del Agregado. ....	30
VII.1.3 Contenido de Humedad del Agregado Fino.....	31
VII.1.4 Gravedad Específica y Porcentaje de Absorción del Agregado Fino. ....	31
VII.1.5 Granulometría del Agregado Fino. ....	32
<b>VII.1.5.1 Curva Granulométrica.....</b>	<b>32</b>
VII.1.6 Impurezas Orgánicas en el Agregado Fino (Colorimetría). ....	33
<b>VII.2 Pruebas Realizadas al Cemento.....</b>	<b>34</b>
VII.2.1 Gravedad Específica del Cemento.....	34
VII.2.2. Determinación de la Consistencia Normal del Cemento Hidráulico. ....	34
VII.2.3 Tiempo de Fraguado del Cemento Hidráulico.....	35
<b>VII.2.3.1 Fraguado del Cemento sin Aditivo. ....</b>	<b>35</b>
<b>VII.2.3.1.1 Determinación del Tiempo de Fraguado Inicial.....</b>	<b>35</b>
<b>VII.2.3.1.2 Determinación del Tiempo de Fraguado Final.....</b>	<b>35</b>
<b>VII.2.3.2 Fraguado del Cemento con Aditivo.....</b>	<b>36</b>
<b>VII.3 Diseño de Mezcla de Mortero. ....</b>	<b>37</b>
VII.3.1 Elección de una Relación Agua-Cemento (Ra/c). ....	38
VII.3.2 Dosificación de la Mezcla. ....	39
VII.3.3 Utilización de Hoja de Cálculo para Diseño de Mezcla.....	39
<b>VII.3.3.1 Ajuste a la Mezcla de Prueba. ....</b>	<b>42</b>
<b>VII.4 Pruebas Realizadas al Mortero.....</b>	<b>45</b>
VII.4.1 Pruebas al Mortero en Estado Fresco. ....	45
<b>VII.4.1.1 Ensayo de Fluidez del Mortero.....</b>	<b>45</b>
VII.4.2 Pruebas al Mortero en Estado Endurecido. ....	46
<b>VII.4.2.1 Resistencia a Compresión de Especímenes de Mortero de 2plg de Lado....</b>	<b>46</b>
<b>VII.4.2.1.1 Resistencia a Compresión de Especímenes de Mortero con Aditivo. ...</b>	<b>47</b>
VII.4.3 Perdida por Rebote del Mortero en Paneles de Malla Electrosoldada. ....	48
<b>VIII. ANALISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>49</b>
<b>VIII.1 Análisis de Resultado de la Arena (Agregado Fino).....</b>	<b>49</b>
VIII.1.1 Análisis del Peso Volumétrico Seco Suelto y Seco Compacto.....	49
VIII.1.2 Análisis del Contenido de Humedad del Agregado Fino. ....	50

VIII.1.3 Análisis de la Gravedad Específica y Porcentaje de Absorción. ....	50
VIII.1.4 Análisis Granulométrico. ....	51
VIII.1.5 Material más Fino que la Malla N°200 en Agregado Mineral por Lavado. ....	52
VIII.1.6 Determinación y Análisis Colorimétrico. ....	52
<b>VIII.2 Análisis de Resultado del Cemento (Aglomerante). ....</b>	<b>53</b>
VIII.2.1 Análisis de la Gravedad Especifica del Cemento. ....	53
VIII.2.2 Análisis de la Consistencia Normal del Cemento. ....	53
VIII.2.3 Análisis del Fraguado Inicial y Final del Cemento. ....	55
<b>VIII.2.3.1 Fraguado Inicial y Final (Sin Aditivo). ....</b>	<b>55</b>
<b>VIII.2.3.2 Fraguado Inicial y Final (Aplicando Aditivo Rmix 111). ....</b>	<b>55</b>
<b>VIII.3 Análisis de Resultado del Mortero. ....</b>	<b>57</b>
VIII.3.1 Selección de Mezcla Patrón de Mortero. ....	57
VIII.3.2 Mezcla en Estado Fresco. ....	58
<b>VIII.3.2.1 Fluidez de Mortero Agregando Aditivo Rmix111. ....</b>	<b>59</b>
VIII.3.3 Mezcla en Estado Endurecido. ....	60
<b>VIII.3.3.1 Resistencia a Compresión de Cubos de Mortero con Aditivo. ....</b>	<b>60</b>
VIII.3.4 Perdida por Rebote del Mortero en Paneles de Malla Electrosoldada. ....	62
VIII.3.5 Clasificación del Aditivo Rmix111. ....	63
<b>IX. CONCLUSIONES. ....</b>	<b>64</b>
<b>X. RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>65</b>
<b>XI. BIBLIOGRAFÍA. ....</b>	<b>68</b>

## INDICE - TABLAS.

Tabla N° 1 Abertura de Tamices Granulométricos. ....	12
Tabla N° 2 Especificaciones Granulométricas para Agregado Fino a Utilizar en Morteros. ....	13
Tabla N° 3 Tipos de Cemento. ....	14
Tabla N° 4 Tipos de Aditivo según Norma ASTM C-494. ....	20
Tabla N° 5 Tipos de Aditivo según Norma ASTM C-1017. ....	21
Tabla N° 6 Resistencia a Compresión del Mortero según Ra/c. ....	38
Tabla N° 7 Resumen de Resultados - PVSS y PVSC. ....	49
Tabla N° 8 Resumen de Resultados - Contenido de Humedad. ....	50
Tabla N° 9 Resumen de Resultados - Gravedad Específica. ....	50
Tabla N° 10 resumen de Resultados - % de Absorción. ....	50
Tabla N° 11 Resumen de Resultados - Granulometría. ....	51
Tabla N° 12 Resumen de Resultados - Modulo de Finura. ....	52
Tabla N° 13 Resumen de Resultados - Ge del Cemento. ....	53
Tabla N° 14 Resumen de Resultados - Consistencia Normal del Cemento Tipo GU. ....	53
Tabla N° 15 Resumen de Resultados - Efecto del Aditivo Rmix111 sobre Pasta de Cemento. ....	54
Tabla N° 16 Resumen de Resultados - Fraguado de la Pasta de Cemento. ....	55
Tabla N° 17 Porcentaje de Aditivo Aplicado a la Pasta de Cemento. ....	55

Tabla N° 18 Resumen de Resultados - Tiempo de Fraguado de la Pasta de Cemento con Aditivo.....	56
Tabla N° 19 Resumen de Resultados - Selección de Ra/c para Mezcla Patrón. ....	57
Tabla N° 20 Resumende Resultados - Pesos de Materiales para 1m3 de Mortero y su Fluidez.....	58
Tabla N° 21 Resumen de Resultados - Pesos de Materiales para 1m3 de Mezcla y su Fluidez Aplicando Ajuste. ....	58
Tabla N° 22 Resumen de Resultados - Fluidez del Mortero Añadiendo Aditivo. ....	59
Tabla N° 23 Resumen de Resultados - Comportamiento Resistencia a Compresión 3 Días. ....	60
Tabla N° 24 Resumen de Resultados - Comportamiento Resistencia a Compresión 7 Días. ....	61
Tabla N° 25 Resumen de Resultados - Comportamiento Resistencia a Compresión 28 Días. ....	61
Tabla N° 26 Dimensiones y Pesos de Materiales a Utilizar en Repello de Paneles COVINTEC. ....	62
Tabla N° 27 Peso de Aditivo a Utilizar en Mezcla de Repello.....	62
Tabla N° 28 Resumen de Resultados - Comparación de Perdida de Mezcla. ....	63

## INDICE – ILUSTRACIONES.

Ilustración N° 1 Relación de Transporte Paneles Covintec y Bloque de Concreto. ....	28
Ilustración N° 2 Tiempo de Fraguado Según Tipo de Cemento. ....	36
Ilustración N° 3 Clasificación de Aditivo según Tiempo de Fraguado ASTM C-494. ....	36
Ilustración N° 4 Clasificación de Aditivo según Tiempo de Fraguado ASTM C-1017. ....	37
Ilustración N° 5 Recopilación de Datos.....	40
Ilustración N° 6 Formula Utilizada para Encontrar el “Volumen de Lechada para 1m3”.....	40
Ilustración N° 7 Proceso de Diseño de Mortero. ....	41
Ilustración N° 8 Pesos a Utilizar para 1m3 de Mezcla.....	41
Ilustración N° 9 Peso de Materiales para Elaboración de 12 Especímenes de Mortero. ....	42
Ilustración N° 10 Pesos de materiales a utilizar en proceso de corrección de diseño. ....	43
Ilustración N° 11 Conversión de Pesos a Volúmenes Solidos. ....	43
Ilustración N° 12 Conversión de Volúmenes a 1m3 de Mezcla.....	44
Ilustración N° 13 Pesos corregidos para 1m3 de Mezcla. ....	44
Ilustración N° 14 Nuevos Pesos de Materiales para Elaboración de 12 Especímenes. ....	45
Ilustración N° 15 Porcentaje de Resistencia a Compresión a Obtener en la Mezcla con Aditivo según norma ASTM C-494.....	47
Ilustración N° 16 Porcentaje de Resistencia a Compresión que debe Obtener la Mezcla con Aditivo según norma ASTM C-1017.....	47
Ilustración N° 17 Resultado-Prueba de Colorimetría. ....	52



## **I. INTRODUCCIÓN**

El siguiente trabajo tiene como finalidad demostrar las variaciones en las propiedades del mortero tanto en estado fresco como en estado endurecido, al añadir el aditivo Rmix111. Se entiende por aditivo “Material que se usa en una cantidad muy pequeña para alterar una propiedad específica de otro material o por el contrario para mejorar sus características”, el cual se tiene pensado modifique las características reológicas de nuestra mezcla, dependiendo de las necesidades de cada proyecto.

Debido al avance de la industria química a lo largo de los años, se ha incursionado en la creación y producción de aditivos para diversos tipos de mezcla, entre ellos el mortero. Se define como mortero “a un producto plástico obtenido por la mezcla de uno o varios aglomerantes, arenas, agua y en este caso aditivo”.

Estos han dado un creciente impulso en la construcción llegando a ser considerados como un elemento más en la composición del mortero. Sus características estarán en dependencia del proceso de fabricación, amasado, curado y ambiente.

Este mortero se pretende usar en el repello de paneles de Covintec, para esto se realizaran ensayos en base a la variación en cuanto a perdidas por rebote, aplicando mezcla con aditivo y sin aditivo.

Aserquim (Asesorías Químicas) es la empresa que nos proporcionará el aditivo en estudio, ésta es una empresa la cual desea incursionar en el mercado como emprendedora de la fabricación de aditivos Nacionales.

## **II. ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

La historia del mortero, es la misma del hombre en la búsqueda de un espacio para vivir con la mayor comodidad, seguridad y protección posible, el pueblo egipcio ya utilizaba una especie de mortero; mezcla de arena con materia cementosa para unir bloques y losas de piedra. Los constructores griegos y romanos descubrieron que ciertos depósitos volcánicos, mezclados con caliza y arena producían un mortero de gran fuerza, capaz de resistir la acción del agua dulce y salada.

Investigaciones y descubrimientos a lo largo de miles de años, nos conducen cuando en Inglaterra fue patentada una mezcla de caliza dura, molida y calcinada, se molía y se batía hasta producir un polvo fino que es el antecedente directo del cemento de nuestro tiempo.

El nombre del cemento Portland le fue dado por la similitud que tenía con la piedra de la isla de portland del canal Inglés, la aparición de este cemento y de su producto resultante, ha sido un factor determinante para que el mundo adquiriera una fisonomía diferente.

En cuanto a los aditivos se puede mencionar que los romanos fueron los que trataron de modificar las características físicas de los morteros, con los cuales desarrollaron sus grandes obras. Se tienen referencias de que los primeros aditivos usados para mejorar la manejabilidad de los morteros fueron la sangre de los animales, clara de huevo y grasas.

Con la invención del cemento, se abrió un panorama inesperado de posibilidades constructivas, sin embargo, el cemento aun demandaba ciertos cambios para una fácil utilización. En 1850 se empezó a utilizar el yeso para contrarrestar el fraguado acelerado de la mezcla, conociéndose así el primer aditivo retardador.

La adición del cloruro de calcio para acelerar el fraguado, fue patentado en 1885. Se han realizado numerosos ensayos con diferentes sustancias, investigando su efecto en el mortero. En 1930 se comercializa oficialmente el primer aditivo plastificante, en 1938 se patentan los aditivos incorporadores de aire en los Estados Unidos y en 1970 empieza la era de los aditivos superplastificantes.

La rápida introducción de los aditivos en el mercado de la construcción motivó la atención de investigadores, registrándose los primeros eventos técnicos, entre ellos la "Internacional Conference on Superplasticizers in Concrete", de 1978 y 1981 organizado por ACI-CANMET. "Symposium on Superplasticizers in Concrete" Washington, D.C. 1978. Además, aparecen numerosos artículos técnicos en el Journal del ACI. Es en este período que se afirma el conocimiento científico del comportamiento de los aditivos.

Paralelamente se ha producido un proceso de concentración en la industria de aditivos, con inversión en investigación, desarrollo, procesos tecnológicos y control de calidad para satisfacer los requerimientos del usuario.

Para el control de calidad de los materiales utilizados en las diferentes obras civiles, se ha buscado la manera de cómo llevar un registro más exhaustivo de la calidad de las obras, para esto se realizan diferentes pruebas a los materiales y así evaluar sus propiedades.

En el caso del mortero se elaboran especímenes para determinar la resistencia a compresión, todo esto para verificar que el mortero que se está utilizando cumpla con las especificaciones del proyecto.

Con el desarrollo de los nuevos sistemas constructivos en Nicaragua, se ha venido implementando la utilización de los aditivos, teniendo un antecedente en los últimos años de un incremento leve en la aplicación de estos en el mortero para repello en sistemas de paneles de Covintec, los aditivos producen los efectos deseados relacionándolos con el cemento y el agua de mezcla. Es conveniente considerar el efecto que se pueda tener con un cambio en el tipo y marca del cemento a usar, puede ser que se logren óptimos resultados, o también que se detecte alguna incompatibilidad.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

Con el creciente desarrollo en el área de la construcción, y con la aplicación de nuevas tecnologías que satisfagan una mayor calidad y durabilidad del mismo en los proyectos, se han incrementado la utilización de aditivos en la dosificación de la mezcla a utilizar según los tipos de obras en ejecución.

Por lo que es necesario llevar un estricto control de calidad de dichos diseños, debido a que se le está adicionando un componente más a la mezcla, el cual modifica a más de una de las propiedades tanto en estado fresco, como endurecido.

En los últimos años los sistemas constructivos han venido cambiando o modernizándose a nivel nacional, entre ellos se ha tomado la iniciativa de edificar utilizando paneles de Covintec. Es por eso la importancia de nuestro estudio.

Este estudio servirá de base a todo aquel que tenga interés por el tema y desee adquirir conocimientos sobre cómo se comporta el mortero de cemento ante la aplicación de un aditivo en este tipo de sistema.

## **IV. OBJETIVOS**

### **GENERAL:**

- Determinar los efectos del aditivo Rmix 111 en las propiedades físicas y mecánicas del mortero de cemento.

### **ESPECÍFICO:**

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del agregado a emplear en una mezcla de mortero de cemento fresco.
- Establecer la variación del tiempo de fraguado entre mezclas de cemento con aditivo y mezcla de cemento sin aditivo.
- Diseñar la mezcla patrón del mortero de cemento para una resistencia a compresión mínima de 2000 PSI.
- Seleccionar el porcentaje de aditivo adecuado para alcanzar una resistencia a compresión mínima de 2000 PSI.
- Elaborar mezcla de mortero conteniendo el aditivo Rmix 111 y comprobar los efectos en su resistencia a compresión así como su trabajabilidad.
- Determinar la variación de pérdidas por rebote del mortero con aditivo y mortero sin aditivo, en el panel de Covintec.
- Clasificar el aditivo en estudio según su efecto en las propiedades del mortero de cemento.

## V. LIMITACIONES DEL TRABAJO

Ya que en nuestro medio no se cuentan con todos los equipos necesarios para la realización de todas las pruebas que las normas ASTM para morteros exigen, solamente se realizaran las siguientes pruebas: Diseño de la mezcla de mortero, prueba de la mesa de fluidez, resistencia a compresión y tiempo de fraguado para la mezcla de cemento.

En el laboratorio donde realizaremos los especímenes contaremos con ciertas limitaciones en el número de moldes que se podrán utilizar para la elaboración de los cubos de morteros. Así como también la regulación de la temperatura en el cuarto frio al momento de realizar la prueba de fraguado de la pasta de cemento con aditivo y la pasta de cemento sin aditivo.

Debido a la cantidad de bancos de material (Arena) con que se cuentan en el país, nos hemos limitado a realizar nuestros ensayos con material procedente del

**Cerro Motastepe**, dado que es el agregado fino utilizado por excelencia para la construcción en nuestro país.

## **VI. MATERIALES EMPLEADOS PARA ELABORAR MORTERO**

### **VI.1 Arena (Agregado).**

Como agregados de las mezclas de mortero o concreto se puede considerar, todos aquellos materiales que teniendo una resistencia propia suficiente (resistencia de partícula), no perturben ni afecten desfavorablemente las propiedades y características de las mezclas y garanticen una adherencia suficiente con la pasta endurecida del cemento.

Los agregados de calidad deben de cumplir ciertos requerimientos para darles un uso ingenieril óptimo. Deben ser partículas limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y adherencia a la pasta del cemento. Para llevar a cabo las siguientes pruebas se trabajó con arena natural procedente del cerro Motastepe.

#### **VI.1.1 Clasificación de las Arenas.**

Las arenas se pueden clasificar según:

##### **VI.1.1.1 Procedencia.**

Se refiere al lugar de donde se extrae y a la historia geológica de la región que la rodea. Siendo estos causantes del tamaño, forma, tipo y estado de la roca, granulometría, redondez, grado de uniformidad y otros factores favorables para su utilización.



- **Agregados naturales:** consisten en materiales compuestos de fragmentos de roca modificados por procesos naturales mayormente fluviales, pero también se consideran los generados por volcanes, terremotos, corrientes eólicas y procesos marinos que han contribuido a la formación de los materiales que se usan como agregados.
- **Agregados artificiales:** proviene de un proceso o transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto.

#### **VI.1.1.2 Densidad.**

Se pueden clasificar en agregados de gravedad específica comprendidos entre 2.50 a 2.75. Ligeros con gravedad específicos menores a 2.5, y agregados pesados cuya gravedad específica son mayores a 2.75.<sup>1</sup>

#### **VI.1.1.3 Forma y Tamaño Superficial.**

La forma tiene gran influencia en la resistencia de los morteros. Las arenas cuyos granos son angulosos y ásperos dan morteros gruesos de peor trabajabilidad que las de granos lisos y redondeados.

Las partículas alargadas o aplanadas pueden afectar la trabajabilidad, resistencia y durabilidad de las mezclas, porque tienden a orientarse en un solo plano lo cual dificulta la manejabilidad; además debajo de las partículas se forman huecos de aire y se acumula agua perjudicando las propiedades de la mezcla endurecida.

---

<sup>1</sup> Rango usual de comportamiento de acuerdo a las características del agregado de peso normal

Por otro lado, la textura superficial de las partículas influye en la manejabilidad y la adherencia entre la pasta y el agregado, por lo tanto, afecta la resistencia.

### **VI.1.2 Propiedades Físicas de los Agregados.**

#### **VI.1.2.1 Peso Unitario.**

El peso unitario de un material es la masa del material necesaria para llenar un recipiente de volumen unitario. En la masa unitaria además del volumen de las partículas del agregado se tiene en cuenta los vacíos que hay entre partículas.

El peso unitario puede determinarse compacto o suelto; la masa unitaria compacta se emplea en algunos métodos de dosificación de mezcla y la masa unitaria suelta sirve para estimar la cantidad de agregados a comprar si estos se venden por volumen (volumen suelto) como ocurre comúnmente.

#### **VI.1.2.2 Gravedad Específica.**

Se define como peso específico relativo o gravedad específica a la relación en peso entre una determinada cantidad de árido seco y el peso de un volumen igual de agua; considerando como volumen de los áridos a la suma de los volúmenes de la parte sólida y poros.

### **VI.1.2.3 Absorción y Humedad.**

La absorción es el porcentaje de agua necesaria para saturar los agregados, expresada con respecto a la masa de los materiales secos y la humedad es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, de manera que la cantidad de los materiales en la mezcla pueda controlarse y se establezca las masas correctas de cada uno de ellos.

Si la humedad del agregado es mayor que la absorción, el material tiene agua libre y está aportando agua a la mezcla; pero si por el contrario la humedad del agregado es menor que la absorción, el agregado le va quitar agua a la mezcla para saturarse. Esto es importante para poder definir la cantidad de agua de mezcla y no alterar la relación agua-cemento.

### **VI.1.2.4 Granulometría.**

Es la distribución de los tamaños de las partículas que constituyen una masa de agregados; se determina mediante el análisis granulométrico que consiste en dividir una muestra representativa del agregado en fracciones de igual tamaño de partículas; la medida de la cuantía de cada fracción se denomina como granulometría.

Por fines prácticos la serie de tamices que se emplean en agregados para morteros se ha establecido de manera que la abertura de cualquier tamiz es aproximadamente la mitad de la abertura del tamiz inmediatamente superior.

**Tabla N° 1 Abertura de Tamices Granulométricos.**

<b>Tamiz</b>	<b>Abertura De Tamiz (mm)</b>
<b>3/8</b>	9.52
<b>N° 4</b>	4.75
<b>N° 8</b>	2.38
<b>N° 16</b>	1.19
<b>N° 30</b>	0.59
<b>N° 50</b>	0.297
<b>N° 100</b>	0.149
<b>N° 200</b>	0.075

Fuente: ASTM C-33, Inciso 6.1

#### **VI.1.2.4.1 Módulo de Finura.**

El módulo de finura es un factor empírico que permite estimar que tan fino o grueso es un material. Está definido como la centésima parte del número que se obtiene al sumar los porcentajes retenidos acumulados en la siguiente serie de tamices: (N°100), (N°50), (N°30), (N°16), (N°8), (N°4).

Según la Norma **ASTM C-33. Inciso 6.2** el módulo de finura del agregado fino no debe ser menor que 2.3 ni mayor que 3.1.

#### VI.1.2.4.2 Especificaciones Granulométricas.

Existen varias razones para especificar límites en la granulometría. La granulometría afecta las proporciones relativas de los agregados, así como cantidad de agua y cemento necesario en la mezcla. En general, los agregados deben de tener partículas de todos los tamaños con el fin de que las partículas pequeñas llenen los espacios dejados por las partículas más grandes, de esta forma se obtiene un mínimo de huecos o sea una máxima densidad.

Tabla N° 2 Especificaciones Granulométricas para Agregado Fino a Utilizar en Morteros.

Tamiz	Arena Natural (% que Pasa)
3/8"	100
N° 4	95 – 100
N° 8	80 – 100
N° 16	50 – 85
N° 30	25 – 60
N° 50	10 -30
N° 100	2 – 10

Fuente: ASTM C-33, Inciso 6.1

#### VI.1.2.5 Colorimetría.

La presencia de impurezas orgánicas en un árido puede modificar las reacciones químicas del cemento con el agua, alterando el correcto fraguado y endurecimiento.

Normalmente esas impurezas se evitan por completo por medio del despejado adecuado del depósito, para eliminar por completo la tierra vegetal, y un enérgico lavado en la arena. La detección del alto contenido orgánico en la arena se lleva a cabo con facilidad por medio de la prueba colorimétrica con hidróxido de sodio, que detalla la norma **ASTM C-40**.

## VI.2 Cemento (Aglomerante).

Se define como cemento los conglomerantes hidráulicos que, convenientemente amasados con agua, forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones de hidratación de sus constituyentes, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables tanto al aire como bajo agua.

### VI.2.1 Tipos de Cemento.

Según la norma **ASTM C-1157**, se establecen los siguientes tipos de cemento:

Tabla N° 3 Tipos de Cemento.

Tipo De Cemento	Características	Aplicación En La Construcción
<b>GU</b>	Uso general en la construcción	Edificios, puentes, carreteras.
<b>MS</b>	Resistencia media a los sulfatos	Trabajos en puentes, bases de presas y alcantarillados.
<b>MH</b>	Mediano calor de hidratación	
<b>HE</b>	Alta resistencia inicial	Concretos pretensados, postensados, vigas y bloques.
<b>LH</b>	Bajo calor de hidratación	Concreto masivo en presas, muros y rellenos.
<b>HS</b>	Alta resistencia a los sulfatos	Industria química, lagunas de oxidación.

#### VI.2.1.1 Cemento Tipo GU.

En nuestro país el cemento más utilizado es el cemento tipo GU. Este puede ser utilizado en todo tipo de construcciones siempre y cuando ésta no requiera las características y propiedades especiales de otro tipo de cemento. Los usos de este tipo de cemento son principalmente obras de albañilería y estructuras.

#### **VI.2.1.1.1 Características del Cemento Tipo GU.**

- Ofrece tiempos de fraguado controlados proporcionando un mayor tiempo de trabajabilidad y le confiere mejores atributos de plasticidad a la mezcla en estado fresco.
- Presenta calores de hidratación inferiores a un cemento de alta resistencia inicial, reduciendo así el riesgo de fisuración general.
- Ayuda a obtener mejor calidad en los acabados.

#### **VI.2.2 Propiedades del Cemento.**

##### **VI.2.2.1 Gravedad Específica del Cemento.**

El peso específico relativo es la relación entre el peso de un volumen dado de material a cierta temperatura, al peso de un volumen igual de agua a esa misma temperatura.

En este caso, la temperatura a la cual se haga la prueba no ocasiona mucha diferencia en los resultados; pero es importante que la temperatura del frasco, del líquido y del cemento se mantenga constante durante toda la práctica. La principal utilidad que tiene la gravedad específica del cemento está relacionada con el diseño y control de mezclas de concreto.

#### **VI.2.2.2 Consistencia Normal del Cemento.**

Para determinar el principio y final de fraguado del cemento, es necesario determinar primeramente el contenido de agua que la pasta necesita para producir una pasta normal, es decir el contenido de agua que el cemento necesita para adquirir una consistencia normal.

#### **VI.2.2.3 Fraguado del Cemento.**

Se denomina fraguado del cemento al cambio de la pasta del estado plástico al estado rígido. Este fenómeno es importante en la utilización del cemento, pues el mortero es un material moldeable que al perder plasticidad se fisura en estado fresco, lo que afecta seriamente la resistencia final. El fraguado nos muestra el tiempo máximo de utilización que tiene la mezcla para ser vertida, tiempo después del rango máximo la mezcla comenzará a endurecerse.

#### **VI.2.2.4 Resistencia Mecánica del Cemento.**

Es la característica principal que evalúa y aprecia el usuario. El cemento al hidratarse con el agua constituye la matriz que asegura la resistencia del esqueleto de agregados que conforman morteros y concretos.

En las pastas endurecidas, independientemente de la resistencia propia del cemento, la resistencia se debe al volumen de producto de hidratación que se forman en el espacio definido por el cemento y el agua de mezcla. Factor que en cierta medida se expresa en la clásica relación agua / cemento.



#### **VI.2.2.5 Finura del Cemento.**

El concepto está vinculado a la calidad del cemento. En efecto, se aprecia que cuando más fino sea el polvo de cemento, se potencian las reacciones de hidratación del cemento y el agua. El cemento más fino produce una pasta con mayor capacidad para cubrir los gránulos del agregado, factor de importancia, pues la rotura del mortero se debe generalmente a falta de adherencia.

Entre las ventajas de la finura está:

- Resistencia más rápida.
- Menor cantidad de agua necesaria para la consistencia apropiada de morteros.
- Disminuye la tendencia al sangrado del mortero.

Así mismo, genera los problemas de:

- Aumenta la acción del intemperismo sobre el cemento.
- Origina deformaciones más importantes.

#### **VI.3 Agua para Mortero.**

La norma **ASTM C-1602** permite el uso de agua potable sin practicarle ensayos e incluye métodos para calificar las fuentes de agua impotable, considerando los efectos en el tiempo de fraguado y la resistencia. El agua utilizada para la confección de morteros debe carecer de impurezas tales como arcillas y cloruros que alteren su durabilidad y aspecto estético.

### **VI.3.1 Usos del Agua para la Confección de Mortero.**

Para la confección de morteros debe emplearse la cantidad de agua necesaria para la hidratación de todo el conglomerante, ahora bien, esta cantidad de agua nos dará un mortero con el que no se podrá trabajar por no tener una plasticidad mínima, por lo que habrá que añadir la cantidad de agua necesaria para obtener una plasticidad acorde con el uso al que se destine.

No solo la cantidad de agua, es importante, sino que la temperatura de amasado y el contenido de impurezas son condicionantes que varían el comportamiento final del mortero, ya que estas pueden inferir en el endurecimiento del cemento, así como afectar la resistencia del mortero.

También es utilizada como medio de curado de las estructuras recién construidas, esto garantizará la continuación de la hidratación del cemento, por lo que también es significativo. En nuestro caso será utilizada agua potable que es la que se ocupa generalmente en toda construcción.

### **VI.4 Relación Agua–Cemento.**

La relación agua/cemento constituye un parámetro importante de la composición del mortero. Tiene influencia sobre la resistencia, la durabilidad y la retracción del mortero.

La relación agua/cemento ( $a/c$ ) es el valor característico más importante de la tecnología del mortero. De ella dependen la resistencia y la durabilidad, así como los coeficientes de retracción y de fluencia. También determina la estructura interna de la pasta de cemento endurecido.

La relación agua/cemento es el cociente entre las cantidades de agua y de cemento existentes en el mortero fresco.

## **VI.5 Aditivo.**

### **VI.5.1 Características Generales de los Aditivos.**

El comportamiento y las propiedades del mortero, en su estado fresco y endurecido, pueden ser influidos y modificados por diversos factores; tanto por las características de los componentes y las cantidades en que estos se proporcionan para elaborar el mortero, a como las condiciones ambientales que imperan durante la elaboración del mortero y su colocación.

El uso de los aditivos representa una medida opcional cuando otras medidas no alcanzan a producir los efectos requeridos en funciones actuales o futuras. Debido a que los componentes básicos del mortero son el cemento, el agua y el agregado, cualquier otro ingrediente que se incluya en su elaboración puede ser considerado como un aditivo.

Dando paso a su definición: **“Un aditivo es un material distinto del agua, los agregados, el cemento hidráulico y las fibras de refuerzo, que se utilizan como ingrediente del mortero o del concreto, y que se añade a la revoltura inmediatamente, antes o durante el mezclado”**. Generalmente estos están dosificados en un rango de 0.5% a 5% del peso del cemento.

### VI.5.2 Efectos de los Aditivos en el Mortero.

Los aditivos debido a su diversidad en los componentes, causan una serie de efectos enumerados a continuación:

#### VI.5.2.1 En estado Fresco:

- Aumento de trabajabilidad sin incrementar contenido de agua.
- Disminuir el contenido de agua manteniendo la misma trabajabilidad.
- Retrasar o acelerar el proceso de fraguado inicial.

#### VI.5.2.2 En estado Endurecido:

- Acelerar la evolución del desarrollo de resistencia a edades tempranas.
- Incrementar resistencia (compresión o tensión).

### VI.5.3 Clasificación de los Aditivos.

Se pueden clasificar según su función por las “**Normas ASTM C-494**” como:

Tabla N° 4 Tipos de Aditivo según Norma ASTM C-494.

Tipo	Uso
A	Reductor de Agua
B	Retardante
C	Acelerante
D	Reductor de Agua y Retardante
E	Reductor de Agua y Acelerante
F	Reductor de Agua de alto rango
G	Reductor de Agua de alto rango y Retardante

Y según “Normas **ASTM C-1017**”:

Tabla N° 5 Tipos de Aditivo según Norma ASTM C-1017.

Tipo	Uso
I	Plastificante
II	Plastificante y Retardante

#### **VI.5.3.1 Reductores de Agua (Tipo A).**

Los aditivos reductores de agua se usan para disminuir la cantidad de agua de mezcla necesaria para la producción de un mortero con una fluidez específica, para reducir la relación agua-cemento, para disminuir el contenido de cemento y para aumentar la fluidez. Los reductores de agua típicos disminuyen el contenido de agua aproximadamente del 5% al 10%.

La adición al mortero del aditivo reductor de agua sin la reducción del contenido de agua puede producir una mezcla con mayor fluidez. La pérdida de fluidez resulta en la reducción de la trabajabilidad y en menos tiempo de colocación del mortero.

Con los aditivos reductores de agua normalmente se obtiene un aumento de la resistencia porque se disminuye la relación agua-cemento. En morteros con los mismos contenidos de cemento y fluidez, la resistencia a los 28 días conteniendo un aditivo reductor de agua (y reducción de la cantidad de agua) puede ser del 10% al 25% mayor que la resistencia de un mortero sin aditivo. El uso de reductores de agua para la disminución del contenido de cemento y de agua, manteniéndose la misma relación agua-cemento, puede resultar en una resistencia a compresión igual o menor y puede aumentar la pérdida de fluidez.

Los aditivos reductores de agua se pueden modificar para ofrecer varios grados de retraso, mientras que otros no afectan considerablemente el tiempo de fraguado. Por ejemplo el **Tipo A** de la **ASTM C-494** puede tener un pequeño efecto sobre el tiempo de fraguado, el **Tipo E** lo acelera y el **Tipo D** normalmente lo retarda de 1 a 3 horas.

#### **VI.5.3.1.1 Reductores de Agua de Medio Rango.**

Los reductores de agua de medio rango se emplearon por primera vez en 1984. Estos aditivos proporcionan una reducción significativa de la cantidad de agua (entre 6 y 12%). Se puede utilizar el reductor de agua de medio rango para reducir la viscosidad y facilitar el acabado, mejorar la bombeabilidad y facilitar la colocación.

#### **VI.5.3.2 Retardante (Tipo B).**

Los aditivos retardadores son muy útiles para extender el tiempo de fraguado del mortero, pero también se usan para disminuir la pérdida de fluidez y extender la trabajabilidad, especialmente antes de la colocación del mortero en ambientes con altas temperaturas.

Los retardadores algunas veces se utilizan para:

- Compensar el efecto acelerador de la temperatura sobre el fraguado del mortero.
- Retardar el fraguado inicial del mortero o de la lechada cuando ocurren condiciones de colocación difíciles o poco usuales.
- Retrasar el fraguado para la ejecución de acabados especiales.

La reducción del agua obtenida con el aditivo retardador **Tipo B** es normalmente menor que aquella obtenida con el reductor de agua **Tipo A**. Los aditivos **Tipo D** se crearon para ambos, reducción y retraso.

#### **VI.5.3.3 Acelerante (Tipo C).**

Los aditivos aceleradores se usan para apresurar la tasa de hidratación (fraguado) y el desarrollo de la resistencia del mortero en edades tempranas. En la actualidad existen dos tipos de acelerantes, los basados en el cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ), y los acelerantes sin cloruros.

El cloruro de calcio se adiciona en porcentajes no mayores al 2% por peso de cemento, además de observarse una ganancia significativa de resistencia a edades tempranas, se presentan los siguientes efectos secundarios:

- Aumenta un poco la trabajabilidad.
- Minimiza el sangrado y la segregación.
- Aumenta ligeramente la contracción por secado del mortero.
- Después de la ganancia en resistencia hay una baja en la evolución de la misma.

Los aditivos acelerantes sin cloruros presentan una gran ventaja puesto que no provocan corrosión. Dependiendo de la marca, el acelerante sin cloruro se puede dosificar para usos normales de 6.5 a 52 ml por cada kilogramo de cemento.

#### **VI.5.3.4 Reductor de Agua y Retardante (Tipo D).**

Realiza una acción fisicoquímica con el cemento, favoreciendo la hidratación de las partículas de este, reduciendo el agua de la mezcla y plastificando la masa del mortero. El uso del aditivo reductor de agua y retardante, provee al mortero de una plasticidad y fluidez adecuada, mejorando las características del mortero tanto en estado plástico como endurecido. Entre sus principales características se encuentra:

- Reduce la cantidad del agua de mezcla por lo menos en 5%.
- Retarda el tiempo de fraguado inicial por lo menos una hora.
- Aumenta la resistencia a la compresión por lo menos en 110% a 28 días.
- Facilita el bombeo y aumenta durabilidad del mortero.

#### **VI.5.3.5 Reductor de Agua y Acelerante (Tipo E).**

Resulta de la combinación de compuestos acelerantes y reductores de agua. Mejora las propiedades plásticas y de endurecimiento del mortero, tales como la trabajabilidad y resistencia a la compresión. Este tipo de aditivos presenta una serie de beneficios:

- Reduce el tiempo de fraguado inicial.
- Desarrolla la resistencia a edad temprana.
- Aumento de la densidad del concreto.
- Minimiza la tendencia al sangrado y a la segregación.



#### **VI.5.3.6 Reductores de Agua de Alto Rango (Tipo F y G).**

Los aditivos reductores de agua de alto rango se pueden usar para conferir al mortero las mismas propiedades obtenidas por los aditivos reductores de agua normales, pero con mayor eficiencia. En la norma **ASTM C-494**, corresponden a los **Tipos F** (reductores de agua) y **G** (reductor de agua y retardador de fraguado). Estos aditivos pueden reducir grandemente la demanda de agua y el contenido de cemento y pueden producir morteros con baja relación agua-cemento, alta resistencia y trabajabilidad normal o alta. Esta reducción de la demanda de agua está entre el 12% y 30%, lo que permite producir morteros con:

- Desarrollo mayor de las resistencias tempranas.
- Resistencia ultima mayor de 3000 psi.

Los aditivos reductores de agua de alto rango normalmente son más eficientes en la mejora de la trabajabilidad del mortero que los aditivos reductores de agua regulares.

#### **VI.5.3.7 Plastificante (Tipo I y II).**

A estos también se les denomina aditivos fluidificantes, como su nombre lo indica poseen la capacidad de volver más fluida la mezcla al momento de su incorporación. Esto es una gran ventaja ya que una mezcla plástica es muy trabajable.

A pesar que los aditivos Plastificantes **Tipo I y II** poseen casi las mismas características que los aditivos reductores de agua, generalmente son mucho más eficientes para producir mezclas fluidas. El efecto de ciertos plastificantes en el aumento de la trabajabilidad o en la producción de mezclas fluidas es corto, de 30 a 60 min.

## **VI.6 Paneles Covintec.**

### **VI.6.1 Descripción del Sistema Constructivo.**

El sistema constructivo COVINTEC trabaja como un sistema monolítico debido a la continuidad tridimensional del panel Covintec que recibe y transmite las cargas vivas y muertas tanto verticales como horizontales, a las fundaciones sin interrupción a través de las cerchas y estas a su vez, al suelo y así sucesivamente trabajando todo el edificio como una unidad estructural y de cerramiento.

Estos paneles están compuestos por celdas Warren electrosoldadas y unidas con acero galvanizado de alta resistencia, calibre 14 y en su interior poliestireno expandido de densidad mínima  $10 \text{ kg/m}^3$  que funciona como aislante térmico-acústico

El sistema Covintec ofrece una diversidad de soluciones constructivas ya que se puede utilizar en paredes de cerramientos, losas de entrepiso, losas de techo, gradas, cúpulas, muros perimetrales, escaleras, muebles de cocina y baño, ya sea con otro sistema estructural o sin mayor estructura que el mismo panel, según las condiciones del proyecto.

El panel es fabricado con medidas estándar 4' (1.22m) de ancho x 8' (2.44 m) de alto x 3" (0.0762 m) de espesor. La retícula de alambre de los paneles está separada 3/8" del poliestireno para permitir una correcta adherencia de las capas de mortero aplicado a cada cara del panel después de su montaje.

## **VI.6.2 Ventajas del Sistema.**

### **VI.6.2.1 Ventajas Técnicas.**

Debido a la soldadura uniforme, galvanización y el proceso de fabricación automatizado de las cerchas y celdas se obtiene un panel con excelente acabado, sin distorsión ante cualquier esfuerzo mecánico y mayor resistencia a la corrosión que otros paneles existentes en el mercado nacional.

El panel está calificado como cortafuego al cumplir con resistencia al fuego F-120 en panel de 4" de espesor y F-60 en panel de 3" de espesor, además de poseer el poliestireno expandido que es a la vez auto extingible y en caso de incendio los muros hechos de Covintec no se ven afectados estructuralmente.

Al ser un sistema constructivo menos pesado que otros sistemas tradicionales ocupa una menor cantidad de acero en las fundaciones y reduce las cargas sobre los cimientos permitiendo que descansen un menor peso sobre los suelos.

### **VI.6.2.2 Ventajas Económicas.**

Entre sus principales ventajas el panel **Covintec** presenta:

- Reducción de desperdicios ya que el material sobrante puede utilizarse en detalles como muebles, closets, repisas, cajas de registro sanitarias, o para conformar otros paneles.

- Mejor administración en el inventario de materiales del proyecto y control más eficiente de los mismos. Está considerado como un sistema de larga vida útil garantizando un mejor aprovechamiento de las edificaciones sin incurrir a exagerados gastos en mantenimiento.
- Rapidez en la construcción, por la sencillez del sistema no se requiere de mano de obra especializada. La utilización del sistema logra aminorar los costos indirectos porque reduce tiempo de ejecución de obra comparado con sistemas tradicionales obteniéndose un ahorro del 10% hasta el 20% del costo total del proyecto.
- El sistema no requiere encofrado para curvaturas ni uso de formaletas para marcos, evitando la compra de madera que se requiere en otros sistemas y abaratando significativamente el coste final de la obra.

El panel además de tener un menor peso tiene una mayor capacidad cubriente y reduce gastos por transporte debido a la ligereza del sistema, mayor volumen por menor peso.

**Ilustración N° 1 Relación de Transporte Paneles Covintec y Bloque de Concreto.**

Panel covintec de 3"		Bloque de concreto de 8" x 16" x 6"	
Dimensiones estándar (Área = 2.97 m²)		Dimensiones estándar = 0.08 m²	
Longitud	2.44 m (8 pies)	Longitud	40 cm (16 plg )
Ancho	1.22 m (4 pies)	Ancho	0.20 cm ( 8 plg )
Espesor	0.076 m (3 plg)	Espesor	15 cm ( 6 plg )
Cantidades por m²		Cantidades por m²	
Paneles necesarios	1/3 del panel	Bloques necesarios	11 bloques
M² por tonelada	247.49 m²	M² por tonelada	6,67 m²
Cantidad de material en una tonelada	83.33 paneles	Cantidad	83.375 bloque
Cantidad de metros lineales que se transportan en una tonelada para construcción.	101.67 ML de paredes de 2.44 ml de altura.	Cantidad de metros lineales que se transportan en una tonelada para construcción.	2.74 ML de pared de 2.44 ML de altura.

**Fuente: Manual Técnico Sistema Constructivo Covintec "Propiedad de HOPSA Nicaragua"**

### **VI.6.2.3 Ventajas Estructurales.**

El sistema constructivo Covintec es una excelente opción en países con alta vulnerabilidad geológica por ser un sistema sismo-resistente ya que ha sido diseñado estructuralmente para soportar grandes esfuerzos, la malla estereométrica que conforma el panel distribuye las cargas y esfuerzos de una manera homogénea, obteniendo una buena relación entre capacidad de carga y peso de la construcción.

- El sistema es capaz de absorber fuertes impactos mecánicos y la presión de cargas evitando las deformaciones por efectos de estos. Los paneles Covintec poseen gran resistencia contra vientos huracanados de hasta 180 km/h.
- El panel está fabricado con materiales que no tienen valor nutritivo para las termitas u otros sistemas orgánicos de manera que no existe descomposición por hongos u otras patologías que con el paso del tiempo afectan la construcción.
- El panel Covintec tiene un alto nivel de permeabilidad por tener poliestireno expandido que constituye una barrera contra la humedad permitiendo ser usado en las zonas lluviosas.

## **VII. PRUEBAS ELABORADAS A LOS MATERIALES**

### **VII.1. Pruebas Elaboradas a la Arena (Agregado).**

De manera previa a la elaboración de las pruebas al agregado fino (arena Motastepe) debemos realizar un muestreo del material a ensayar.

#### **VII.1.1 Reducción de la Muestra de Agregado a Tamaño de Prueba.**

La finalidad del muestreo, es lograr obtener una muestra representativa del yacimiento del agregado; es decir, obtener una muestra que reúna la totalidad de las características y que sea del tamaño adecuado para realizar los estudios necesarios.

Para la selección y reducción de la muestra, se seguirán los pasos especificado por la Norma **ASTM C-702-93**.

#### **VII.1.2 Determinación del Pesos Volumétricos Seco Suelto y Seco Compacto del Agregado.**

Este método de ensayo cubre la determinación del peso unitario del agregado en una condición compacta o suelta, y calcula los vacíos entre las partículas en el agregado fino.

El peso volumétrico interesa para realizar el proporcionamiento de la mezcla. La Norma **ASTM C-29** muestra la manera correcta de elaborar este ensayo.

### **VII.1.3 Contenido de Humedad del Agregado Fino.**

Designado bajo la norma **ASTM C-566-97**, este método de ensayo cubre la determinación del porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado por secado, la humedad superficial y la humedad en los poros del agregado. Algunos agregados pueden contener agua que está químicamente combinada con los minerales en el agregado. Dicha agua no es evaporable y no está incluida en el porcentaje determinado por este método de ensayo.

Este método es suficientemente exacto para propósitos usuales, tales como ajuste en peso de las cantidades de materiales en una revoltura de concreto. Generalmente mide la humedad en la muestra de ensayo más confiablemente que la muestra hecha para representar el agregado suministrado.

### **VII.1.4 Gravedad Específica y Porcentaje de Absorción del Agregado Fino.**

El valor de la gravedad específica es necesario para calcular la relación de vacíos de un agregado. Cuando se habla de gravedad específica, se habla de la relación del peso, cantidad de material y el peso de un volumen igual de agua.

La absorción que presentan los materiales nos indica la cantidad de agua que estos son capaces de absorber a través de sus poros accesibles hasta saturarlos por 24 horas, cuando estos se encuentran sumergidos en agua.

La norma **ASTM C-128** nos muestra el procedimiento correcto para la determinación de estas propiedades las cuales forman una parte fundamental dentro de los cálculos del diseño de la mezcla de mortero.

### **VII.1.5 Granulometría del Agregado Fino.**

La Granulometría del agregado afecta fuertemente al proporcionamiento del mortero y su trabajabilidad. Es por esto que esta prueba es un elemento importante para asegurar la buena calidad del mortero.

Este ensayo consiste en determinar por medio de tamices o mallas la distribución de los tamaños de las partículas de agregados finos de un material, así como el módulo de finura y cuyas características deben ajustarse a la norma **ASTM C-136**. Los resultados se emplearan para determinar el cumplimiento de los requerimientos de las especificaciones.

#### **VII.1.5.1 Curva Granulométrica.**

Para una mejor comprensión e interpretación de los resultados se recomienda representar gráficamente el análisis en la curva denominada “granulométrica”, como lo especifica la norma **ASTM C-33**.

En la curva de granulometría se representa generalmente sobre el eje de las ordenadas el porcentaje que pasa, en escala aritmética; y en las abscisas la abertura de los tamices en escala logarítmica.



#### **VII.1.5.2 Material más Fino que la Malla No°200 en Agregado Mineral por Lavado.**

El material más fino que la malla de N° 200 puede ser separado de las partículas gruesas mucho más eficiente y completamente por tamizado húmedo que a través de tamizado en seco. Entonces, cuando se desean determinaciones precisas de material más fino que la malla N°200 en agregado fino o grueso, este método de ensayo es usado en la muestra previa al tamizado seco. Ésta prueba se llevara a cabo de acuerdo a la designación **ASTM C-117**.

#### **VII.1.6 Impurezas Orgánicas en el Agregado Fino (Colorimetría).**

Este método de ensayo cubre los procedimientos para determinar la presencia de impurezas orgánicas perjudiciales en el agregado fino que será usado en morteros de cemento hidráulico.

El valor primordial de este método de ensayo es suministrar una precaución sobre que se pueden presentar cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas, mediante la comparación del agregado con una placa de vidrio. Para una correcta elaboración y análisis de este ensayo, debe ser utilizada la norma **ASTM C-40-92**.

## **VII.2 Pruebas Elaboradas al Cemento.**

### **VII.2.1 Gravedad Específica del Cemento.**

Este método de ensayo cubre la determinación de la densidad del cemento hidráulico. Su utilidad particular está en conexión con el diseño y control de mezclas de mortero.

El peso específico del cemento no es una indicación de la calidad del cemento, su principal uso es en los cálculos de proporción del diseño de mortero. Esta prueba está basada bajo la designación de la norma **ASTM C-188-95**, ésta muestra la manera correcta de elaborar el ensayo.

### **VII.2.2. Determinación de la Consistencia Normal del Cemento Hidráulico.**

Delimitado bajo la norma **ASTM C-187**, este ensayo permite analizar la consistencia, la cual radica en la movilidad de la mezcla fresca de pasta o su habilidad para fluir. Esta es determinada mediante pruebas de cemento mezclada con diferentes cantidades de agua para así formar pastas de consistencia normal definidas con la penetración de  $10 \pm 1$  mm de la aguja de Vicat.

El contenido de agua de la pasta estándar se expresa como porcentaje en peso de cemento seco.

### **VII.2.3 Tiempo de Fraguado del Cemento Hidráulico.**

#### **VII.2.3.1 Fraguado del Cemento sin Aditivo.**

El método de prueba se utiliza para determinar el tiempo de fraguado inicial y final del cemento hidráulico por medio de la aguja de Vicat de acuerdo a la norma **ASTM C-191**.

##### **VII.2.3.1.1 Determinación del Tiempo de Fraguado Inicial.**

Se toman lecturas sucesivas a intervalos de 15 minutos hasta obtener una penetración de 25 mm o menor, en caso de no obtener esta penetración en forma directa se procede a interpolar para obtener el tiempo de fraguado inicial.

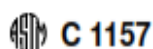
##### **VII.2.3.1.2 Determinación del Tiempo de Fraguado Final.**

Se continúa con las penetraciones hasta determinar el tiempo transcurrido en el primer instante en que la aguja no haga una marca visible en la pasta endurecida. El tiempo de fraguado final determina el tiempo medido desde el amasado de la pasta, hasta el momento en que debido a las reacciones de hidratación esta tiene la consistencia de un material rígido.

Todo este procedimiento se lleva a cabo en un cuarto de curado a una temperatura ambiente controlada de 15°C, mediante la penetración de una aguja en la pasta de cemento previamente preparada, (con el porcentaje de agua encontrado en la prueba de consistencia normal), realizando lecturas cada 15 minutos.

La norma **ASTM C-1157** brinda la siguiente ilustración con los tiempos de fraguado para todos los tipos de cemento limitados en un mismo rango.

**Ilustración N° 2 Tiempo de Fraguado Según Tipo de Cemento.**



**TABLE 1 Standard Physical Requirements**

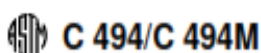
Cement Type	GU	HE	MS	HS	MH	LH
Fineness	A	A	A	A	A	A
Autoclave Length Change, max, %	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Time of Setting, Vicat Test <sup>B</sup>						
Initial, not less than, min	45	45	45	45	45	45
Initial, not more than, min	420	420	420	420	420	420

**VII.2.2.2 Fraguado del Cemento con Aditivo.**

Esta prueba también será elaborada utilizando el Aditivo Rmix111 en distintas proporciones que abarcan desde el 0.5 hasta el 5% del peso total del cemento utilizado para esta prueba.

En este caso el procedimiento indicado en la norma **ASTM C-191** varía un poco, ya que el aditivo en estudio será añadido al cemento en su estado seco, ya que no es un aditivo líquido. Luego de hacerlo, se continuará de acuerdo a lo especificado en la norma. Para una correcta clasificación del aditivo es necesario apoyarnos en las ilustraciones N°2 y N°3 mostradas a continuación.

**Ilustración N° 3 Clasificación de Aditivo según Tiempo de Fraguado ASTM C-494.**



**TABLE 1 Physical Requirements<sup>A</sup>**

	Type A, Water Reducing	Type B, Retarding	Type C, Acceler- ating	Type D, Water Reducing and Retarding	Type E, Water Reducing and Accelerating	Type F, Water Reducing, High Range	Type G, Water Reducing, High Range and Retarding
Water content, max, % of control	95	...	...	95	95	88	88
Time of setting, allowable deviation from control, h:min:							
Initial: at least	...	1:00 later	1:00 earlier	1:00 later	1:00 earlier	...	1:00 later
not more than	1:00 earlier nor 1:30 later	3:30 later	3:30 earlier	3:30 later	3:30 earlier	1:00 earlier nor 1:30 later	3:30 later
Final: at least	...	...	1:00 earlier	...	1:00 earlier	...	...
not more than	1:00 earlier nor 1:30 later	3:30 later	...	3:30 later	...	1:00 earlier nor 1:30 later	3:30 later



Designation: C 1017/C 1017M

TABLE 1 Physical Requirements<sup>A</sup>

	Type I Plasticizing	Type II Plasticizing and Retarding
Time of setting, allowable deviation from Reference, h		
Initial: at least not more than	... 1 earlier nor 1½ later	1 later 3½ later
Final: at least not more than	... 1 earlier nor 1½ later	... 3½ later

### VII.3 Diseño de Mezcla de Mortero.

El objetivo principal al diseñar una mezcla de mortero consiste en determinar la combinación más práctica y económica de los materiales con los que se dispone, para producir un mortero que satisfaga los requisitos de comportamiento bajo las condiciones particulares de su uso. Para lograr tal objetivo, una mezcla de mortero bien proporcionada deberá poseer las siguientes propiedades:

- En su estado fresco, una fluidez aceptable.
- En su estado endurecido, resistencia, una buena adherencia y una presentación uniforme.

Se realizará un diseño de mezcla de mortero sin aditivo a partir de la información presentada por las distintas pruebas realizadas al agregado y al cemento, luego se procederá a ejecutar el diseño con las proporciones de materiales obtenidas de acuerdo al método seleccionado. La elección de las características de la mezcla siempre está en base al uso que se le propone dar, que en nuestro caso es el repello de paneles de malla electrosoldada distribuida por HOPSA (Covintec).

El diseño de mezcla de mortero sin aditivo se realizó para cumplir una resistencia mínima de 2000 PSI a 28 días de edad<sup>2</sup>. Entre otras características de la mezcla de mortero convencional sin aditivo se encuentra que la fluidez debe estar entre el 50% y 100% más del diámetro de la base del “cono truncado” de la “mesa de fluidez” utilizado para dicha prueba.

### VII.3.1 Elección de una Relación Agua-Cemento (Ra/c).

El mortero se vuelve más resistente con el tiempo, siempre y cuando exista humedad disponible. La resistencia a cualquier edad particular no está únicamente en función de la relación agua-cemento, como si lo es del grado de hidratación que alcance el cemento. Es por eso que aun teniendo una relación agua-cemento baja, no se logrará la resistencia esperada para ese factor si el cemento no logra hidratarse completamente producto de un mal curado.

A como se mencionó anteriormente el diseño está destinado a cumplir con una resistencia mínima de 2000 PSI, para ello se trabajará con un factor de seguridad del 20% sobre dicha resistencia esperada. En el proceso de elección de una relación agua-cemento que logre satisfacer con este objetivo se utilizó como base la siguiente tabla:

**Tabla N° 6 Resistencia a Compresión del Mortero según Ra/c.**

Relación a/c	Resistencia media requerida a 28 Días de edad.	
	Kg/cm <sup>2</sup>	PSI
<b>0.45</b>	340	4826
<b>0.50</b>	290	4116
<b>0.55</b>	250	3548
<b>0.60</b>	210	2981
<b>0.65</b>	180	2556
<b>0.70</b>	160	2271

**Fuente: Tecnología del Hormigón Dosificación Método ACI**

---

2 Cartilla de la Construcción : Capitulo II

### **VII.3.2 Dosificación de la Mezcla.**

La dosificación tiene por finalidad encontrar las proporciones en que hay que mezclar los diferentes componentes para conseguir mezclas que posean determinadas características.

El cálculo teórico de las proporciones en que hay que mezclar los componentes, no exime de la comprobación experimental. Esto es debido a que ningún método de dosificación puede tener en cuenta la gran cantidad de factores que influyen en las propiedades del mortero a conseguir.

### **VII.3.3 Utilización de Hoja de Cálculo para Diseño de Mezcla.**

Con motivo de agilizar el proceso de cálculo del diseño de mortero por método de volumen absoluto y dado la amplitud de funciones y herramientas que ofrece el programa Excel, hemos decidido crear una hoja de cálculo que nos permita obtener de forma más rápida y exacta cada uno de los datos necesarios a utilizar en la elaboración de  $1\text{m}^3$  de mezcla de mortero, así como el peso exacto para elaborar 12 especímenes de la misma a utilizar para ensayo de resistencia a la compresión.

La presentación de la hoja de cálculo abarca la recolección de información que ayude a controlar de manera más fácil y segura el comportamiento de una mezcla en su estado fresco y endurecido.

A continuación se detallan el procedimiento a seguir para la correcta utilización de la hoja de cálculo:

1. Llenar la información que corresponde a las características de los materiales utilizados en la mezcla de mortero.

La hoja de cálculo requiere los siguientes datos de los materiales que componen la mezcla de mortero. Los valores ya indicados en la tabla, como el “peso de la bolsa de cemento” y la “densidad del agua” son datos que no cambian en ningún diseño de mortero debido que son valores estándar.

Ilustración N° 5 Recopilación de Datos.

<b>HOJA DE CALCULO "DISEÑO DE MEZCLA DE MORTERO"</b>				
Material	PVSS	PVSC	Ge	% Absorción
Cemento	0.00	""	0.00	""
Arena	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso bolsa de cemento (Kg)	42.50			
densidad del agua	1000			
R a/c	0.00			

- Una vez ingresado los valores (como ejemplo tomaremos una Ra/c de 0.67), la hoja de cálculo muestra de forma automática, datos correspondientes a cada paso del diseño de mezcla de morteros.

El valor de “Volumen de Lechada para 1m<sup>3</sup> de mezcla” es el primer valor que muestra la hoja de cálculo y está compuesto de la siguiente manera:

Ilustración N° 6 Formula Utilizada para Encontrar el “Volumen de Lechada para 1m<sup>3</sup>”.

EXP <span>✕</span> <span>✓</span> <span>f<sub>x</sub></span> <span>=(1-(B6/(D6*B10)))</span>					
	A	B	C	D	E
1					
2					
3					
4	Material	PVSS	PVSC	Ge	% Absorción
5	Cemento	1125	""	3.17	""
6	Arena	1410	1488	2.51	5.5
7					
8					
9	peso bolsa de cemento	42.5			
10	densidad del agua	1000			
11	R a/c	0.67			
12					
13					
14	1) Volumen de Lechada para 1m3				
15					
16	Volumen	=(1-(B6/(D6*B10)))			



De forma consecutiva muestra resultados desde la “determinación de volumen de lechada para 1 bolsa de cemento”; hasta “cálculo de volumen suelto”.

Ilustración N° 7 Proceso de Diseño de Mortero.

<b>2) Determinacion Vol Lechada para 1 bolsa de cemento</b>		
V cemento	0.013	m <sup>3</sup>
V agua	0.028	m <sup>3</sup>
Vol de Lechada	0.042	m <sup>3</sup>
<b>3) Calcular Volumen de Cemento y Vw para 1m<sup>3</sup> de mezcla</b>		
Cemento	0.140	m <sup>3</sup>
Agua	0.298	m <sup>3</sup>
Sumatoria paso 3	0.438	m <sup>3</sup>
<b>4) Calculo de Wmat para 1m<sup>3</sup> de mezcla (Peso Seco)</b>		
Wcemento	444.71	kg
Wagua	298	lts
Warena	1410	kg
<b>5) Correccion por Absorcion</b>		
Wabs	77.550	kg o lts
Wagua mezcla	375.509	lts
<b>6) Calculos de Vol Suelto</b>		
Vsuelto	0.395	m <sup>3</sup>
Varena	1	m <sup>3</sup>

- Como último paso del diseño de mezcla, la hoja de cálculo muestra los valores de la “Proporción” y el “Peso de material para 1m<sup>3</sup> de mezcla”

Ilustración N° 8 Pesos a Utilizar para 1m<sup>3</sup> de Mezcla.

<b>7) Cálculos de Proporción</b>		
Cemento	<b>1</b>	
Arena	<b>2.53</b>	
<b>Wmaterial para 1m<sup>3</sup> de mezcla</b>		
Cemento	<b>10</b>	bolsas
Arena	<b>1410</b>	kg
Agua	<b>376</b>	lts

4. La memoria de cálculo nos resume en una tabla los pesos necesarios para elaborar 12 especímenes de mortero de 2"x2"x2" utilizando un factor de desperdicio (FD) del 20%.

**Ilustración N° 9** Peso de Materiales para Elaboración de 12 Especímenes de Mortero.

PESOS DE MATERIALES PARA 12 ESPECÍMENES DE MORTERO					
Peso en Mesa de Fluides			12	1.2	
	kg	gr	para 12 especímenes (gr)	FD	
Peso de Cemento	0.0583	58	700	840	gr
Peso de Arena	0.1848	185	2218	2662	gr
Peso de Agua	0.0492	49	591	709	gr o ml

### VII.3.3.1 Ajuste a la Mezcla de Prueba.

Dado que la mezcla de mortero no cumple con la fluidez requerida para este estudio, se realizó un ajuste al diseño original. Agregando 585 gr de arena al peso de 12 especímenes sin incluir factor de desperdicio, **Ilustración N°8**.

$$\text{Nuevo Peso de Arena (12 cubos)} = 2218 \text{ gr} + 585 \text{ gr} = 2803 \text{ gr}$$

Resultando un nuevo peso de arena de 2,803 gr para 12 especímenes. Obteniendo con este valor un peso para 1m<sup>3</sup> de arena de:

$$\frac{2.803 \text{ kg}}{X} = \frac{1.57315844 \times 10^{-3}}{1\text{m}^3}$$

$$X = 1782 \text{ kg}$$

Dónde:

- **2.803 kg**, es el nuevo peso de arena para 12 especímenes de mortero.
- **1.57315844x10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>** es el volumen de 12 moldes para especímenes de mortero.

**Ilustración N° 10 Pesos de materiales a utilizar en proceso de corrección de diseño.**

CORRECCION DE DISEÑO DE MORTERO		
Wcemento	444.71	kg
Warena	1782	kg
Wagua	298	lts

El peso de agua a utilizar durante la corrección es el peso de agua obtenido antes de sumarle el agua de absorción mostrada en la **Ilustración N°6-Inciso N°4**.

1. Como primer paso para la corrección del diseño de mortero seleccionado se realiza lo siguiente:

**Ilustración N° 11 Conversión de Pesos a Volúmenes Solidos.**

1) pasar los pesos de material a volúmenes solidos.		
Wcemento	0.140	m <sup>3</sup>
Warena	0.710	m <sup>3</sup>
Wagua	0.298	m <sup>3</sup>
<b>Wtotal de mezcla</b>	<b>1.148</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

Esto se logra dividiendo el peso total de material obtenido para 1m<sup>3</sup> de la tabla (corrección de diseño) entre la Ge por 1000 Kg/m<sup>3</sup>.

$$W_{cemento} = \frac{444.71 \text{ kg}}{3.17(1000 \text{ kg/cm}^3)} = 0.140 \text{ m}^3$$

2. Luego procedemos a:

Ilustración N° 12 Conversión de Volúmenes a 1m<sup>3</sup> de Mezcla.

<b>2) calcular volúmenes para 1m<sup>3</sup> de mezcla.</b>	
Cemento	0.122 m <sup>3</sup>
Árena	0.618 m <sup>3</sup>
Agua	0.260 m <sup>3</sup>
<b>Wtotal para 1m<sup>3</sup> de mezcla</b>	<b>1.000 m<sup>3</sup></b>

De la siguiente manera:

$$\text{Cemento} = \frac{0.140\text{m}^3}{1.148\text{m}^3} = \frac{X}{1\text{m}^3}$$

$$\text{Cemento} \rightarrow X = 0.122\text{m}^3$$

3. Por ultimo queda convertir nuevamente:

Ilustración N° 13 Pesos corregidos para 1m<sup>3</sup> de Mezcla.

<b>3) Pasar los Volúmenes a Peso</b>		
Wcemento	387	kg
Warena	1552	kg
Wagua*	260	lts
* esta es unicamente agua de diseño		
<b>Con el agua por absorcion seria:</b>		
Wagua	345	lts

Los valores sombreados son los nuevos pesos para 1m<sup>3</sup> de mezcla de mortero una vez terminada la corrección.

Obteniendo nuevamente de la hoja de cálculo los valores para elaborar los especímenes que serán ensayados encontrando su resistencia a compresión.

**Ilustración N° 14 Nuevos Pesos de Materiales para Elaboración de 12 Especímenes.**

NUEVOS PESOS DE MATERIALES PARA 12 ESPECÍMENES DE MORTERO					
<b>Peso en Mesa de Fluides</b>			<b>12</b>	<b>1.2</b>	
	<b>kg</b>	<b>gr</b>	<b>para 12 especímenes (gr)</b>	<b>FD</b>	
<b>Peso de Cemento</b>	0.050778	51	609	<b>731</b>	gr
<b>Peso de Arena</b>	0.203454	203	2441	<b>2930</b>	gr
<b>Peso de Agua</b>	0.045211	45	543	<b>651</b>	gr o ml

## **VII.4 Pruebas Realizadas al Mortero.**

En busca de garantizar un comportamiento satisfactorio del mortero durante y después de su elaboración, se requiere que el mortero contenga ciertas propiedades específicas. Las pruebas son parte esencial en el proceso constructivo, ya que esto corrobora que se están obteniendo las propiedades mencionadas a continuación.

### **VII.4.1 Pruebas al Mortero en Estado Fresco.**

A continuación se muestra un resumen de las pruebas realizadas al mortero en su estado fresco.

#### **VII.4.1.1 Ensayo de Fluides del Mortero.**

Este método de ensayo tiene el propósito de ser usado para determinar el flujo de los morteros de cemento hidráulico. Y está designado bajo la norma **ASTM C-1437**.

Aun cuando el flujo no se incluye usualmente en las especificaciones de los cementos hidráulicos, si se usa comúnmente en ensayos estándar que requieren que el mortero tenga un contenido de agua que produzca un nivel de flujo específico.

La prueba de determinación del flujo en morteros es uno de los métodos de mayor aceptación que generalmente se utiliza para medir la consistencia del mortero.

#### **VII.4.2 Pruebas al Mortero en Estado Endurecido.**

##### **VII.4.2.1 Resistencia a Compresión de Especímenes de Mortero de 2plg de Lado.**

Este método de ensayo provee un medio para la determinación de la resistencia a compresión del mortero de cemento hidráulico y otros morteros, los resultados se pueden usar para determinar el cumplimiento con las especificaciones, según la norma **ASTM C-109**.


Además este método de ensayo es citado por numerosas especificaciones. Se debe tener cuidado en la utilización de los resultados de este método para predecir la resistencia de morteros. Los especímenes de ensayo 50 mm (2 pulg) se compactan por apisonamiento en dos capas, se curan un día en los moldes, luego se desmoldan y se sumergen en agua hasta ser ensayados.

### VII.4.2.1.1 Resistencia a Compresión de Especímenes de Mortero con Aditivo.

El proceso de curado y ensayo a las diferentes edades será el mismo de los cubos de mortero convencional, con la diferencia que para determinar la clasificación del aditivo nos apegaremos a lo indicado por las normas **ASTM C-494** y **ASTM C-1017**, donde nos muestra que porcentaje de la resistencia a compresión del mortero sin aditivo es la que se requiere para ser clasificado como cierto tipo de aditivo.

Lo descrito anteriormente lo podemos observar en las siguientes ilustraciones:


**Ilustración N° 15 Porcentaje de Resistencia a Compresión a Obtener en la Mezcla con Aditivo según norma ASTM C-494.**

 **C 494/C 494M**

**TABLE 1 Physical Requirements<sup>A</sup>**

	Type A, Water Reducing	Type B, Retarding	Type C, Acceler- ating	Type D, Water Reducing and Retarding	Type E, Water Reducing and Accelerating	Type F, Water Reducing, High Range	Type G, Water Reducing, High Range and Retarding
Compressive strength, min, % of control: <sup>B</sup>							
3 days	110	90	125	110	125	125	125
7 days	110	90	100	110	110	115	115
28 days	110	90	100	110	110	110	110

**Ilustración N° 16 Porcentaje de Resistencia a Compresión que debe Obtener la Mezcla con Aditivo según norma ASTM C-1017.**

 **Designation: C 1017/C 1017M**

**TABLE 1 Physical Requirements<sup>A</sup>**

	Type I Plasticizing	Type II Plasticizing and Retarding
Compressive strength, min., % of reference		
3 days	90	90
7 days	90	90
28 days	90	90

#### **VII.4.3 Perdida por Rebote del Mortero en Paneles de Malla Electrosoldada.**

La prueba es realizada con el fin de determinar y comparar las pérdidas por rebote que existen entre una mezcla de mortero convencional y una mezcla de mortero conteniendo aditivo **Rmix111**, al ser aplicadas a una sección de panel de malla electrosoldada (**COVINTEC**). Este ensayo no se encuentra designado bajo ninguna norma **ASTM**.

Para este ensayo es utilizado un panel tipo T2, seccionado con las siguientes dimensiones de 1.22 x 1.16 m. El espesor de la capa total de repello es de 1plg. (2.54 cm), obteniendo un volumen de repello de **0.3594608 m<sup>3</sup>** que se realiza en dos etapas. Los pesos de cada material a utilizar en la mezcla de mortero serán calculados en base a este volumen, tomando en cuenta los pesos obtenidos para 1 m<sup>3</sup> de mezcla una vez corregido, **Ilustración N°13**.

La comparación de pérdida por rebote del mortero se hará mediante el pesaje del material que se desprenda al aplicar cada capa de repello. La aplicación de estas capas se realizará de forma manual.

- La primera capa de mortero tendrá un espesor aproximado de 1.3 cm, a nivel de malla como se le denomina comúnmente.
- La segunda capa de mortero será aplicada 24 horas después, ésta tendrá un espesor de 1.2 cm, completando así la pulgada de espesor que determina el distribuidor de estos paneles.

El porcentaje de aditivo a utilizar en esta prueba estará definido por el análisis de resistencia a compresión de cubos de mortero, y la clasificación que este alcance de acuerdo a la norma **ASTM C-494** y **ASTM C-1017**, dado que en dependencia de la resistencia que alcancen los cubos a los 28 días de edad conteniendo aditivo, tendremos una mejor idea de cuál sea el porcentaje óptimo de aplicación.



## VIII. ANALISIS DE RESULTADOS

Este capítulo está destinado a presentar toda la información obtenida, producto de la elaboración de pruebas tanto al agregado (Arena), como al aglomerante (Cemento), también al mortero en su estado fresco y endurecido, para dicho propósito se hizo uso de tablas presentadas en anexos para mostrar toda la información de manera ordenada ya que por cada prueba se elaboró más de un ensayo, mostrando acá únicamente el valor promedio.

### VIII.1 Análisis de Resultado de la Arena (Agregado Fino).

#### VIII.1.1 Análisis del Peso Volumétrico Seco Suelto y Seco Compacto.

Los datos mostrados en la siguiente tabla no son más que el promedio de tres pruebas realizadas al mismo material, **VER ANEXO A-1.1, Pág. II.**

Tabla N° 7 Resumen de Resultados - PVSS y PVSC.

Prueba De Laboratorio	Resultados	Rango Usual de Comportamiento <sup>3</sup>
<b>PVSS</b>	1,410 kg/m <sup>3</sup>	1,200 kg/m <sup>3</sup> a 1,760 kg/m <sup>3</sup>
<b>PVSC</b>	1,488 kg/m <sup>3</sup>	1,374 kg/m <sup>3</sup> a 1,800 kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Propia.

La conducta de los pesos volumétricos encontrados durante los ensayos se mantuvo dentro de los parámetros usados para un mortero de peso normal, los cuales se manejan en los rangos presentados en la **Tabla N°7.**

La que más interesa es conocer el peso volumétrico seco suelto, para que de esta forma se pueda utilizar esta información durante el proceso de diseño de la mezcla.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Rango usual de comportamiento de acuerdo a las características de agregado de peso normal

<sup>4</sup> Norma ASTM C-29 Pesos Unitarios.

15.3 1-La desviación estándar de un solo operador es de 0.88 lb/pie<sup>3</sup> (14 kg/m<sup>3</sup>). Por lo tanto los resultados de dos pruebas llevadas a cabo por el mismo operador no difieren en más de 2.5 lb/pie<sup>3</sup> (40 kg/m<sup>3</sup>).

### VIII.1.2 Análisis del Contenido de Humedad del Agregado Fino.

El contenido de humedad presentado a continuación es el promedio de tres muestras:

Tabla N° 8 Resumen de Resultados - Contenido de Humedad.

Prueba De Laboratorio	Resultado
Contenido de Humedad	0.15%

Fuente: Propia.

La humedad total del agregado es relativamente baja, quiere decir que los poros del agregado estaban parcialmente secos. Podemos deducir que el agregado aporta una mínima cantidad de agua a la mezcla. **VER ANEXO A-1.2, Pág. IV.**

### VIII.1.3 Análisis de la Gravedad Específica y Porcentaje de Absorción.

La gravedad específica calculada mediante este ensayo mostró los siguientes resultados:

Tabla N° 9 Resumen de Resultados - Gravedad Específica.

Prueba de Laboratorio	Resultados	Rango Usual de Comportamiento
Gravedad Específica	2.52	2.40 a 2.90

Fuente: Propia.

Los valores obtenidos normalmente corresponden a este tipo de agregado natural, observando que se encuentra dentro del rango delimitado.

Tabla N° 10 resumen de Resultados - % de Absorción.

Prueba de Laboratorio	Resultados	Rango Usual de Comportamiento
% de Absorción	5.5	< 6%

Fuente: Propia.

La absorción forma parte esencial del diseño, para controlar el contenido neto de agua, la absorción en nuestro material mostró que es un material con un alto contenido de porosidad.<sup>5</sup> **VER ANEXO A-1.3, Pág. V.**

---

<sup>5</sup> Norma ASTM C 128 Gravedad Específica y Absorción Agregado Fino  
Según valores de la Tabla 1 (Precisión) el rango aceptable de dos resultados para Gravedad Específica es de 0.032 y el rango aceptable de % Absorción es de 0.031.

### VIII.1.4 Análisis Granulométrico.

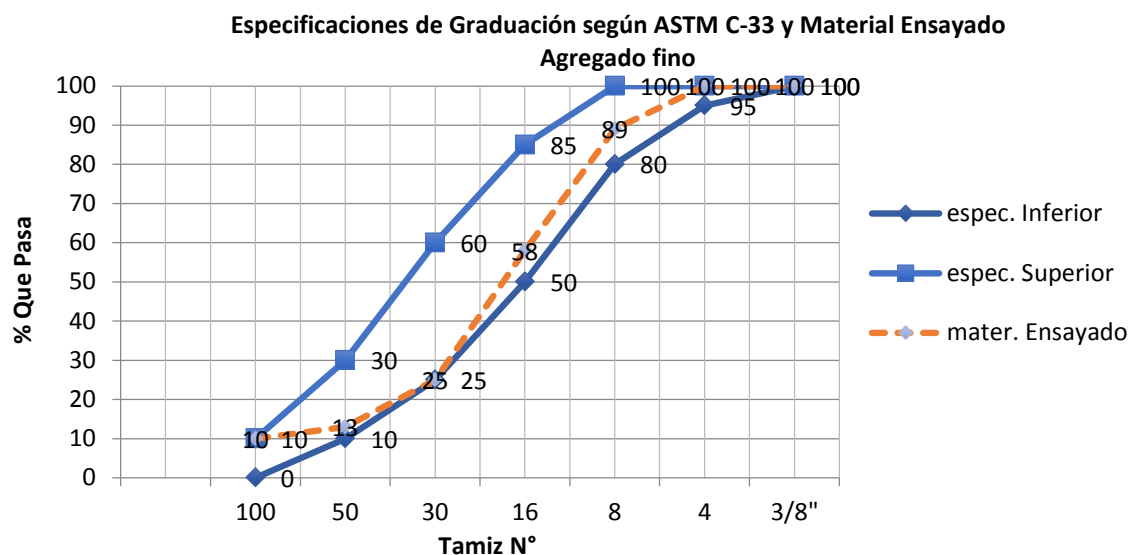
Realizado de acuerdo a lo especificado en la norma **ASTM C-136**, para ello se elaboró la siguiente tabla y su respectivo gráfico mostrado a continuación:

Tabla N° 11 Resumen de Resultados - Granulometría.

Tamiz	Diámetro (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Límite Inferior	Límite Superior
3/8"	9.52	0	0	0	100	100%	100%
N° 4	4.75	0	0	0	100	95%	100%
N° 8	2.38	56.8	11	11	89	80%	100%
N° 16	1.19	152.3	30	41	58	50%	85%
N° 30	0.59	163.9	33	74	25	25%	60%
N° 50	0.297	63.8	13	87	13	10%	30%
N° 100	0.149	16.2	3	90	10	0%	10%
Pasa N° 100	-	47	10	100	-	-	-
Sumatoria	-	500	100	-	-	-	-

Fuente: Propia.

Gráfico N° 1 Curva Granulométrica.



Fuente: Propia.

Se observa que el material tamizado (por la N°4) y lavado (por la N°200) presentó una curva considerada como aceptable, ya que cumple con los límites establecidos por la norma **ASTM C-33** presentando tamices que estaban justo en la fracción gruesa (N°50) o la fracción fina (N°100). **VER ANEXO A-1.4, Pág. VII.**

Obteniendo un Módulo de Finura de:

Tabla N° 12 Resumen de Resultados - Modulo de Finura.

Prueba de Laboratorio	Resultados	Rango Usual de Comportamiento
Módulo de Finura	3.03	2.30 a 3.10

Fuente: Propia.

### VIII.1.5 Material más Fino que la Malla N°200 en Agregado Mineral por Lavado.

$$A = \frac{500 \text{ gr} - 457.7 \text{ gr}}{500 \text{ gr}} * 100 \quad A = 8.5\%$$

Aproximadamente 10% del material pasaba el tamiz N°200, lo que indica que se requerirá mayor consumo de agua.

### VIII.1.6 Determinación y Análisis Colorimétrico.

Para determinar la colorimetría de la arena, se debió seguir las especificaciones descritas en la norma **ASTM C 40-92**.

Ilustración N° 17 Resultado-Prueba de Colorimetría.

Gardner Color Standard No.	Organic Plate No.
5	1
8	2
11	3 (standard)
14	4
16	5



La muestra de arena reveló un color que concuerda con la escala N°3 o estándar de acuerdo a la norma antes señalada. Indicando que existe presencia de materia orgánica, pero en cantidades que no se consideran perjudiciales para el tiempo de fraguado y endurecimiento del mortero.

## VIII.2 Análisis de Resultado del Cemento (Aglomerante).

### VIII.2.1 Análisis de la Gravedad Específica del Cemento.

La gravedad específica del cemento se determinó siguiendo las especificaciones que muestra la norma **ASTM C-188**. Mostrando el resultado en la siguiente tabla:

Tabla N° 13 Resumen de Resultados - Ge del Cemento.

Prueba de Laboratorio	Resultados	Rango Usual de Comportamiento
Gravedad Específica del Cemento Hidráulico	3.17	3.10 a 3.20

Fuente: Propia.

Observamos que la gravedad específica del cemento está dentro del rango<sup>6</sup>.. Éste no es un indicador de calidad del cemento, sin embargo, su uso principal se tiene en los cálculos del proporcionamiento de la mezcla. **VER ANEXO A-2.1, Pág. XIV.**

### VIII.2.2 Análisis de la Consistencia Normal del Cemento.

Se elaboró más de una prueba con distintos porcentajes de agua incorporada a la muestra de cemento **VER ANEXO A-2.2, Pág. XV**. Se encontró que la cantidad de agua necesaria para determinar la consistencia normal de una pasta de cemento Tipo GU es:

Tabla N° 14 Resumen de Resultados - Consistencia Normal del Cemento Tipo GU.

Prueba de Laboratorio					
Consistencia Normal		Resultados		Rango Usual de Comportamiento	
Cantidad de Cemento (Gr)	Porcentaje de Agua (%)	Cantidad de Agua (ml)	Penetración (mm)	Porcentaje de Agua (%)	Penetración (mm)
650	26	169	9.4	20 a 30	10 ± 1

Fuente: Propia.

<sup>6</sup> Norma ASTM C 188 Gravedad Específica del Cemento Hidráulico

6.1 La desviación estándar para un solo operador para cemento portland ha sido encontrada en 0.012. por lo tanto, el resultado de dos ensayos conducidos adecuadamente por el mismo operador en el mismo material no debe diferir por más de 0.03.

Analizando los datos de la tabla anterior, encontramos que se necesitaban de 169 ml de agua para lograr la consistencia normal de la pasta de cemento, manteniéndonos dentro de los rangos correctos.

Una vez seleccionado el porcentaje de agua, se realizaron más pruebas a la pasta de cemento, añadiendo aditivo **Rmix111**, observando que efecto tiene éste sobre la misma.

Se eligieron los siguientes porcentajes de aditivo de forma aleatoria, sin embargo de encontrar algún cambio bastante significativo entre dos de ellos, ya sea en los tiempos de fraguado o resistencia a compresión, se procederá a introducir un valor de aplicación de aditivo intermedio (%).

**Tabla N° 15 Resumen de Resultados - Efecto del Aditivo Rmix111 sobre Pasta de Cemento.**

Prueba de Laboratorio				
Efecto sobre la pasta de Cemento al Agregar Aditivo Rmix 111				
Peso del Cemento (Gr)	Porcentaje de Aditivo (%)	Peso del Aditivo (Gr)	Cantidad de Agua Optima (ml)	Penetración (mm)
650	0.2	1.30	169	10.5
650	0.5	3.25	169	11.0
650	0.7	4.55	169	11.5
650	1.0	6.50	169	12.0
650	1.8	11.70	169	12.5
650	2.5	16.25	169	14.0
650	3.8	24.70	169	13.5
650	5.0	32.50	169	15.0

**Fuente: Propia.**

De la **tabla N°15** notamos que a medida los porcentajes de aditivo **Rmix111** van aumentando, sucede lo mismo con la penetración del émbolo, lo que indica que el aditivo aumenta el porcentaje de agua en la pasta de cemento.

### VIII.2.3 Análisis del Fraguado Inicial y Final del Cemento.

#### VIII.2.3.1 Fraguado Inicial y Final (Sin Aditivo).

Se realizó el ensayo de fraguado de la pasta de cemento, de acuerdo a lo especificado en la norma **ASTM C-191**. Los resultados mostrados son el promedio de tres muestras. **VER ANEXO A-2.3, Pág. XV.**

Tabla N° 16 Resumen de Resultados - Fraguado de la Pasta de Cemento.

Prueba de Laboratorio	Resultados	Rango-Norma <sup>7</sup>
Tiempo de Fraguado por Aguja de Vicat	Min/Horas	Min/Horas
Tiempo de Fraguado Inicial Promedio	125 / 02:05	> 45 min
Tiempo de Fraguado Final Promedio	255 / 04:15	< 420 min

Fuente: Propia.

Para el análisis se tomó en cuenta el dato mostrado en el **Capítulo VII, Ilustración 3**, donde indica que el fraguado inicial de todo cemento sin contener aditivo no debe ser menor a 45 minutos y el fraguado final mayor que 420 minutos.

#### VIII.2.3.2 Fraguado Inicial y Final (Aplicando Aditivo Rmix 111).

Para la prueba de fraguado con el aditivo Rmix 111, se utilizó los siguientes porcentajes en base al peso de 650 gr de cemento:

Tabla N° 17 Porcentaje de Aditivo Aplicado a la Pasta de Cemento.

Nombre Aditivo	Aditivo Utilizado (%)	Aditivo Utilizado (gr)	Rango (%)
Rmix 111	0.5	3.25	0.5 – 5.0
	0.7	4.55	
	1.0	6.50	
	1.8	11.7	
	2.5	16.25	
	3.8	24.70	
	5.0	32.50	

Fuente: Propia.

7 Norma ASTM C-191 (Inciso 7.1)

Utilizando porcentajes que están dentro del rango de aplicación usual de los aditivos, se realizó tres muestras para cada uno, de las cuales se obtuvo un dato promedio de su respectivo fraguado inicial y fraguado final.

La comparación de estos datos, mostrados a continuación, respecto a los valores promedios obtenidos sin aditivo, nos dio una idea previa de su clasificación debido al efecto que este tuvo en la pasta de cemento.

**Tabla N° 18 Resumen de Resultados - Tiempo de Fraguado de la Pasta de Cemento con Aditivo.**

Prueba de Laboratorio		Resultados						
Tiempo de Fraguado del Cemento por Aguja de Vicat, con Aditivo Rmix 111	S/A	0.5%	0.7%	1.0%	1.8%	2.5%	3.8%	5.0%
Tiempo Fraguado Inicial Promedio (Hrs)	02:05	02:21	02:34	02:35	02:44	02:58	02:45	03:02
Tiempo Fraguado Final Promedio (Hrs)	04:15	04:40	04:45	05:05	05:30	05:45	05:40	05:20

Se observó que tanto el fraguado inicial, como el fraguado final sufren un incremento respecto al dato que no contiene aditivo **Rmix111**, llegando a un máximo de 1:00 hr aproximadamente en el fraguado inicial y de 1:30 hr en el fraguado final al ser utilizado un 2.5% de aditivo. Este será tomado como límite aun cuando exista un incremento en el F.I utilizando 5% de aditivo.

Tomando en cuenta lo especificado por las Normas **ASTM C-494** y **ASTM C-1017** según su tiempo de fraguado, está dentro de tres tipos de aditivo; estos serían el **Tipo A-Reductor de Agua**, **Tipo F-Reductor de Agua de Alto Rango** y el **Tipo I-Plastificante**, ya que estas clasificaciones delimitan el fraguado inicial en “no más que 1hr antes, ni 1 ½hr después” y el fraguado final en “no más que 1hr antes, ni 1 ½hr después”.

Habiendo limitado el rango de uso del aditivo para las siguientes pruebas entre 0.5% a 2.5%, ya que por encima de este rango el tiempo de fraguado final tiende a disminuir, siendo valores que se descartarían para futuras aplicaciones.



Para una clasificación más exacta del aditivo en estudio, aun se deben realizar pruebas a compresión de cubos de mortero y comparar con lo que indica la norma **ASTM C-494** y **ASTM C-1017** en su sección de “Resistencia a Compresión”.

### VIII.3 Análisis de Resultado del Mortero.

#### VIII.3.1 Selección de Mezcla Patrón de Mortero.

Se seleccionó la Ra/c óptima para elaborar nuestra mezcla patrón en base a la resistencia alcanzada por cada diseño, habiendo elaborado 12 especímenes de mortero por cada una, eligiendo la inmediata superior a la resistencia mínima esperada. Como se muestra en la siguiente tabla en su región sombreada.

Tabla N° 19 Resumen de Resultados - Selección de Ra/c para Mezcla Patrón.

Selección de Ra/c						
Días	Ideal	0.57	0.60	0.63	0.67	0.70
	Resistencia a Compresión (PSI)					
3	700	1337	1187	1169	719	730
7	1400	2030	2083	1747	1544	1341
28	2000	3404	2866	2802	2363	1980

Fuente: Propia.

### VIII.3.2 Mezcla en Estado Fresco.

Nuestra hoja de cálculo de Excel en el primer diseño de mortero para una relación agua-cemento de 0.67, determinó las siguientes proporciones para 1m<sup>3</sup> de mezcla:

Tabla N° 20 Resumen de Resultados - Pesos de Materiales para 1m<sup>3</sup> de Mortero y su Fluidéz.

W material para 1m <sup>3</sup> de mezcla.			Fluidéz
Cemento	10	Bolsas	131%
Arena	1410	Kg	
Agua	376	Lt	

A como se habló en el capítulo anterior al no cumplir este diseño con la fluidez que se requería, se realizaron los ajustes necesarios, obteniendo nuevos valores para 1m<sup>3</sup> de mezcla, mostrados a continuación:

Tabla N° 21 Resumen de Resultados - Pesos de Materiales para 1m<sup>3</sup> de Mezcla y su Fluidéz Aplicando Ajuste.

W material para 1m <sup>3</sup> de mezcla			Fluidéz
Cemento	9	Bolsas	84%
Arena	1552	Kg	
Agua	345	Lt	

Se observó el cambio que ocurre tanto en los pesos de los materiales utilizados, como en la fluidez, habiendo obtenido esta vez la que se requería. **VER ANEXO A-3.2, Pág. LI.**

### VIII.3.2.1 Fluidez de Mortero Agregando Aditivo Rmix111.

Para esta prueba se agregaron diferentes porcentajes de aditivo por tres métodos.

- **Método N°1**= Mortero + Aditivo.
- **Método N°2**= Mortero + Aditivo – agua (w).<sup>8</sup>
- **Método N°3**= Mortero + Aditivo – 5% agua (w).

Al incorporar el aditivo Rmix111 a la mezcla de mortero, se encontró que el comportamiento en su fluidez es de la siguiente manera:

Tabla N° 22 Resumen de Resultados - Fluidez del Mortero Añadiendo Aditivo.

% Aditivo	% de Fluidez		
	Mortero + Aditivo	Mortero + Aditivo - W	Mortero + Aditivo - 5%W
0.2	81%	71%	44%
0.35	85%	88%	61%
0.5	89%	70%	63%
0.6	93%	84%	71%
0.7	95%	78%	73%
1	106%	91%	74%
1.8	107%	99%	83%
2.5	115%	105%	84%

Fuente: Propia.

El aditivo crea ciertas variaciones con respecto a la fluidez de la mezcla, en el primer caso no es hasta que se agrega un 1% de aditivo que éste sobrepasa los límites impuestos para nuestro diseño; en el segundo caso el comportamiento de la mezcla se vuelve irregular, pero a pesar de todo este sigue manteniéndose dentro de los límites. El tercer caso es distinto debido a que la fluidez alcanzada con cada porcentaje de aditivo está por debajo de la obtenida en la mezcla de mortero sin aditivo.

<sup>8</sup> La cantidad de agua que se reduce a la mezcla es igual al peso de aditivo que se agrega a la misma.

### VIII.3.3 Mezcla en Estado Endurecido.

#### VIII.3.3.1 Resistencia a Compresión de Cubos de Mortero con Aditivo.

Para esta prueba se elaboraron especímenes de mortero a los cuales también se les agrego aditivo aplicando los 3 métodos mencionados en la prueba anterior.

**Ver Inciso VIII.3.2.1**

Para un mejor análisis y comprensión se realizaron una serie de tablas donde resumimos la evolución que sufren los especímenes en su resistencia a compresión durante el proceso de curado y la variación en porcentaje con respecto a los especímenes que no contenían aditivo. **VER ANEXO A-3.2, Pág. LVI.**

**Tabla N° 23 Resumen de Resultados - Comportamiento Resistencia a Compresión 3 Días.**

Resistencia A Compresión a los 3 Días de Edad							
Resistencia S/A	% Aditivo	Mortero + Aditivo		Mortero + Aditivo - Agua(W)		Mortero + Aditivo - 5%Agua(W)	
PSI		PSI	%	PSI	%	PSI	%
719	0.20	812	113	750	104	532	74
	0.35	1053	146	1000	139	692	96
	0.50	1021	142	964	134	612	85
	0.60	1083	151	1017	141	577	80
	0.70	729	101	829	115	483	67
	1.00	812	113	909	126	549	76
	1.80	697	97	741	103	523	73
	2.50	697	97	777	108	517	72

**Fuente: Propia.**

El comportamiento en la resistencia de los especímenes a los 3 días de edad en los dos primeros métodos está muy por encima del promedio obtenido a la misma edad en los especímenes sin aditivo; esto lo observamos en el rango de aplicación 0.20-1.00.

Tabla N° 24 Resumen de Resultados - Comportamiento Resistencia a Compresión 7 Días.

Resistencia a Compresión a los 7 Días de Edad							
Resistencia S/A	% Aditivo	Mortero + Aditivo		Mortero + Aditivo - Agua(W)		Mortero + Aditivo - 5%Agua(W)	
PSI		PSI	%	PSI	%	PSI	%
1544	0.20	1213	79	1271	82	1236	80
	0.35	1578	102	1374	89	1489	96
	0.50	1437	93	1346	87	1413	92
	0.60	1402	91	1413	92	1326	86
	0.70	1440	93	1579	102	1102	71
	1.00	1068	69	1147	74	1273	82
	1.80	909	59	900	58	1188	77
	2.50	891	58	971	63	1096	71

Fuente: Propia.

A medida va aumentando la resistencia a compresión de los especímenes se observó que el rango de uso del aditivo es menor, dado que estas estaban por debajo de las obtenidas en la mezcla sin aditivo.

Tabla N° 25 Resumen de Resultados - Comportamiento Resistencia a Compresión 28 Días.

Resistencia a Compresión a los 28 Días de Edad							
resistencia S/A	% Aditivo	Mortero + Aditivo		Mortero + Aditivo - Agua(W)		Mortero + Aditivo - 5%Agua(W)	
PSI		PSI	%	PSI	%	PSI	%
2363	0.20	2294	97	2053	87	1760	74
	0.35	2354	100	2258	96	2238	95
	0.50	2363	100	2206	93	2204	93
	0.60	2388	101	2098	89	2183	92
	0.70	1738	74	1973	83	1599	68
	1.00	1911	81	1981	84	1935	82
	1.80	1889	80	1970	83	1857	79
	2.50	2010	85	1994	84	1806	76

Fuente: Propia.

Se observa en cada una de estas tablas que el comportamiento en la resistencia a compresión de los cubos de mortero es irregular. A pesar de esto notamos que existen porcentajes de aditivo que asemejan o mantienen la resistencia con respecto a la mezcla convencional.

Con el cumplimiento de los 28 días de edad de los cubos, la resistencia promedio alcanzada por cada porcentaje de aditivo, dio una idea más concreta de la clasificación y rango de trabajabilidad de este aditivo, tomando en cuenta lo especificado en las normas **ASTM C-494** y **ASTM C-1017**.

### VIII.3.4 Perdida por Rebote del Mortero en Paneles de Covintec.

Partiendo de los pesos para 1 m<sup>3</sup> de mezcla mostrados en la **Ilustración N°12**, se obtuvieron los siguientes pesos para un volumen de repello de **0.035 m<sup>3</sup>**.

**Tabla N° 26 Dimensiones y Pesos de Materiales a Utilizar en Repello de Paneles COVINTEC.**

Dimensiones del panel a repellar			W material para 0.035 m3 de mezcla.		
Largo	1.22	m	W Cemento	16.70	Kg
Ancho	1.16		W Arena	66.95	Kg
Espesor de Repello	0.0254		W Agua	14.88	Lt
Volumen de Repello	0.035	m <sup>3</sup>	W Total <sup>9</sup>	98.53	Kg

Fuente: Propia.

En el caso del panel que fue repellido con aditivo Rmix111 se utilizó una cantidad de aditivo de:

**Tabla N° 27 Peso de Aditivo a Utilizar en Mezcla de Repello.**

W aditivo	100.22	gr
-----------	--------	----

---

<sup>9</sup> W mezcla por cada panel a repellar.

La siguiente tabla hace referencia sobre las perdidas por capa que hubo durante el proceso de repello.

**Tabla N° 28 Resumen de Resultados - Comparación de Perdida de Mezcla.**

<b>Perdida por Rebote</b>			
<b>W mortero sin aditivo</b>		<b>W mortero con aditivo Rmix 111</b>	
<b>1ra Capa</b>	13.998 kg	<b>1ra Capa</b>	12.939 kg
<b>2da Capa</b>	13.189 kg	<b>2da Capa</b>	10.162 kg
<b>W total = 27.187 kg</b>		<b>W total = 23.101 kg</b>	

**Fuente: Propia.**

Analizamos la situación partiendo que ambos paneles requerían el mismo volumen de repello, así como el mismo peso de mezcla. Por lo observado tanto en la tabla anterior como en la práctica, notamos que hubo menor pérdida de mezcla en el mortero que contenía aditivo Rmix 111, así como una mejor trabajabilidad y manipulación de la mezcla en el proceso de repello.

### **VIII.3.5 Clasificación del Aditivo Rmix111.**

Según la norma **ASTM C-1017**, el aditivo Rmix111 es clasificado como **Plastificante Tipo I**, dado que cumple con los tiempos de fraguado y resistencia a compresión requeridos para ser tomado en cuenta dentro de esta categoría.

## IX. CONCLUSIONES

Habiendo elaborado cada una de las pruebas de laboratorio, podemos determinar de forma más acertada si todos los elementos ensayados para el diseño de mortero son los correctos, así como el efecto que generó el aditivo Rmix 111 en dicha mezcla de mortero.

- De acuerdo a las normas ASTM, la muestra de arena (Motastepe) ensayada en el laboratorio es aceptable para la elaboración del diseño de mortero como agregado fino, dado que sus propiedades físicas y mecánicas se encuentran dentro de los rangos establecidos, y la variación entre dos pruebas del mismo ensayo no están más allá de la desviación estándar que su norma establece.
- Los resultados obtenidos de los ensayos al cemento tipo GU (CEMEX) nos verifican que si cumple con los establecido por las Normas ASTM que rigen sus propiedades como gravedad específica, consistencia normal (sin aditivo) y tiempo de fraguado.
- Dentro de las propiedades de la mezcla de mortero, el aditivo Rmix111 mejora la fluidez en la misma manera que se incrementa la cantidad de aditivo, permitiendo así tener una mayor trabajabilidad de la mezcla. El aditivo Rmix111 confiere una ganancia significativa de resistencia a compresión a los 3 días de edad; pero a los 7 y 28 días el aditivo causa que los cubos alcancen resistencias a compresión iguales o menores al valor obtenido de la mezcla convencional.
- Del proceso de repello de los paneles de Covintec se determinó que el aditivo disminuye la pérdida por rebote del mortero, siendo la perdida de mezcla sin aditivo de 28% y con aditivo de 23%. Estas podrían disminuir dependiendo de la experiencia del operario.



- El aditivo Rmix111 fue clasificado como **Plastificante Tipo I**, para un correcto funcionamiento éste necesita ser agregado en las siguientes proporciones: si se requiere alcanzar altas resistencias a edades tempranas (3 días) su rango de aplicación será entre **0.20 %** a **1.00 %**. y del **0.20 %** a **0.60 %** si se quiere obtener una mezcla más trabajable manteniendo la resistencia a compresión cercana a la que no contiene aditivo (28 días). En ambos casos utilizando el primer método de aplicación del aditivo.

## **X. RECOMENDACIONES**

- Los materiales ensayados en este estudio se consideran materiales de calidad capaces de cumplir con las características necesarias para la obra, por lo que se recomienda el uso de cemento CEMEX tipo GU y del agregado fino proveniente del banco Motastepe.
- Se recomienda verificar que la fecha de empaque del cemento a utilizar sea lo más reciente posible y no sobrepase los 3 meses (Sello al costado de la bolsa), debido a que luego de este lapso de tiempo las propiedades físicas y mecánicas pueden variar.
- Adoptar una buena disposición para el almacenamiento de los insumos del mortero, ya que esto contribuye a la buena marcha de la obra, y permite la producción eficiente de un mortero de calidad.
  - Esencial conservar el cemento seco, para lo cual debe cuidarse que no sea afectado por la acción de la humedad directa.

- El piso deberá ser de preferencia de tablas (polines), que estén sobre el nivel del suelo natural para evitar el paso de la humedad. Las bolsas se deberán apilar juntas, de manera que minimice la circulación del aire.
  - El apilamiento del cemento, por períodos menores a 60 días, podrá llegar hasta una altura de doce bolsas. Para mayores periodos de almacenamiento el límite recomendado es de ocho bolsas, para evitar la compactación del cemento.
  - La protección debe ser con lonas o láminas de plástico. Las cubiertas deberán rebasar los bordes para evitar la penetración de la lluvia a la plataforma. El recubrimiento deberá afirmarse en la parte inferior y si es posible en la superficie para evitar que sea levantada por el viento.
- El almacenamiento de los agregados debe garantizar continuidad para la fabricación de mortero, evitando la contaminación con sustancias perjudiciales (suciedad), así como la segregación, pues la variación en la graduación granulométrica de la arena causan variaciones en la consistencia del mortero.
  - Realizar de forma correcta los procedimientos indicados en las normas **ASTM** antes mencionadas. De forma que los resultados sean confiables.
  - Definir las características de la mezcla (desde Fluidez hasta su Resistencia a Compresión a los 28 días), para garantizar algunas de estas propiedades se necesita de un correcto proceso de elaboración y buenas condiciones de curado.

- Solicitar asesoría técnica para la supervisión del uso y montaje correcto del sistema estructural a la empresa HOPSA, ya que ellos ofrecen el servicio de forma gratuita
- Recomendamos que para un buen funcionamiento del aditivo en estudio, se deberán seguir las proporciones de uso indicadas anteriormente.
- Recomendamos realizar controles sistemáticos de las propiedades físico-mecánicas de la arena Motastepe para ser utilizado como agregado en mezclas de mortero, dado la variación de las propiedades del agregado a medida que el banco es explotado, de esta forma tener resultados actualizados.
- Realizar pruebas al aditivo Rmix111 en otras marcas de cemento para verificar el cumplimiento de sus propiedades.
- Complementar el estudio de manera que se pueda conocer el efecto que el aditivo **Rmix111** genera en las propiedades al concreto fresco y endurecido.

## **XI. BIBLIOGRAFÍA**

- Normas “American Society for Testing and Materials” – ASTM.
- Guías de Laboratorio de Materiales de Construcción – UNI.
- Impurezas Prueba Colorimetría - UCA “José Simeón Cañas” El Salvador.
- Aditivos para Mortero y Concreto – Concreto Simple-Ing. Gerardo A. Rivera.
- Factor de Correlación entre la Resistencia del Concreto Obtenido con Diferentes Especímenes. (Biblioteca Especializada UNI-RUPAP).
- Diseño y Control de Calidad de Mezclas de Concreto con Aditivos. Elaborada por: Oscar Rugama – Horacio Rodriguez (Biblioteca Especializada UNI-RUPAP).
- Tecnología del Hormigón – Dosificación Método ACI. Dr. Ing. Sergio Carmona Malatesta.
- [www.google.com](http://www.google.com)

## **ANEXO A-1 Recopilación de datos del Agregado (Arena)**

- **A-1.1. PESOS UNITARIOS SECOS SUELTOS Y SECOS COMPACTOS DE LOS AGREGADOS.**

**Designación ASTM C-29:** Método de ensaye estándar para determinar la densidad en masa (peso unitario) e índice de huecos en los agregados

**Peso Volumétrico Seco Suelto (PVSS)**

**Tabla N°A-1.1 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-PVSS.**

Resultados (PVSS)			
Agregado Fino (Arena)	Procedencia: Arena Motastepe		
Ensaye N°	1	2	3
Molde N°	1		
Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.00285	0.00285	0.00285
Peso del molde (kg)	4.826	4.826	4.826
Peso del agregado suelto en el molde (kg)	4.020	4.016	4.017
Peso del agregado suelto + molde (Kg)	8.846	8.842	8.843
Peso Volumétrico Seco Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1,411	1,409	1,409
<b>Peso Volumétrico promedio Seco Suelto (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,410</b>		

**Formula a utilizar:**

$$PVSS = \frac{(\text{Peso del material sueto} + \text{el molde}) - (\text{Peso del molde})}{\text{Volumen del molde}}$$

$$PVSS_1 = \frac{(8.846\text{Kg}) - (4.826\text{Kg})}{(0.00285\text{m}^3)} = 1,411 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$PVSS_2 = 1,409 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$PVSS_3 = 1,409 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**Peso Volumétrico Promedio Seco Suelto.**

$$PVSS = 1,410 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

## Peso Volumétrico Seco Compacto (PVSC)

Tabla N°A-1.2 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-PVSC.

Resultados (PVSC)			
Agregado Fino (Arena)	Procedencia: Arena Motastepe		
Ensayo N°	1	2	3
Molde N°	1		
Volumen del molde (m <sup>3</sup> )	0.00285	0.00285	0.00285
Peso del molde (kg)	4.826	4.826	4.826
Peso del agregado compacto en el molde (kg)	4.217	4.267	4.237
Peso del agregado compacto + molde (Kg)	9.043	9.093	9.063
Peso Volumétrico Seco Compacto (kg/m <sup>3</sup> )	1,480	1,497	1,487
<b>Peso Volumétrico promedio Seco Compacto (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,488</b>		

### Formula a utilizar:

$$PVSC = \frac{(\text{Peso del material compacto} + \text{el molde}) - (\text{Peso del molde})}{\text{Volumen del molde}}$$

$$PVSC_1 = \frac{(9.043\text{Kg}) - (4.826\text{Kg})}{(0.00285\text{m}^3)} = 1,480 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$PVSC_2 = 1,497 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$PVSC_3 = 1,487 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

### Peso Volumétrico Promedio Seco Compacto.

$$PVSC = 1,488 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- **A-1.2. CONTENIDO DE HUMEDAD**
- **Designación ASTM C-566:** Método de prueba estándar para contenido de humedad del agregado por secado.

### **Determinación del contenido de humedad de los áridos:**

**Tabla N°A-1.3 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Contenido de Humedad.**

<b>Resultado Contenido de Humedad</b>			
Agregado: Arena	Procedencia: <b>Motastepe</b>		
Ensayo N°	1	2	3
Tara N°	m-12		
Peso del tara (gr)	-	-	-
Peso de la tara + agregado húmedo (gr)	500	500	500
Peso de la tara + agregado seco (gr)	499	499.3	499.5
Contenido de humedad (%)	0.20	0.14	0.10
<b>Contenido de humedad promedio (%)</b>	<b>0.15</b>		

### **Formula a utilizar:**

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{peso muestra húmeda} - \text{peso muestra seca}}{\text{peso muestra seca}} * 100$$

$$\% \text{ de humedad}_1 = \frac{(500 \text{ gr}) - (499 \text{ gr})}{(499 \text{ gr})} * 100 = 0.20 \%$$

$$\% \text{ de humedad}_2 = \frac{(500 \text{ gr}) - (499.3 \text{ gr})}{(499.3 \text{ gr})} * 100 = 0.14 \%$$

$$\% \text{ de humedad}_3 = \frac{(500 \text{ gr}) - (499.5 \text{ gr})}{(499.5 \text{ gr})} * 100 = 0.10 \%$$

### **% de Humedad Promedio.**

$$\% \text{ de humedad} = 0.15 \%$$



- **A-1.3. DETERMINACION DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA Y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.**

**Designación ASTM C-128:** Método de prueba estándar para la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y Absorción de Agregado Fino.

**Tabla N°A-1.4 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Ge Arena.**

Resultados de la Gravedad Especifica de la Arena		
Agregado: Fino (Arena)	Procedencia: Arena Motastepe	
Ensaye N°	1	2
Frasco N°	1	
(C) Peso del Frasco Seco y Limpio (gr)	176	176
(v) (B) Peso de la Arena en Condición SSS (gr)	500	500
(d) Peso del Frasco + Arena + Agua (gr)	983	992
(w) Peso de Agua en Frasco (gr)	307	316
(A) Peso Seco de la Arena (gr)	474.9	473
Gravedad Especifica de la Arena	2.46	2.57
<b>Gravedad Especifica Promedio</b>	<b>2.52</b>	
Porcentaje de Absorción	5.29	5.71
<b>Porcentaje de Absorción Promedio</b>	<b>5.50</b>	

**Peso de Agua en el Frasco:**

$$W_{\text{agua}} = d - (B + C) = 307 \text{ gr}$$

**Peso seco de la arena:**

$$W_{\text{arena seca}}(A) = W_{\text{tara+arena seca}} - W_{\text{tara}} = 474.9 \text{ gr}$$

**Gravedad Específica:**

- $GE = \frac{A}{v - w} = 2.46$

**Gravedad Específica en Condición Saturada Superficialmente Seca:**

- $GE_{sss} = \frac{B}{v - w} = 2.59$

**Gravedad Específica Aparente:**

- $GE_a = \frac{A}{(v - w) - (B - A)} = 2.83$

**Porcentaje de Absorción de la Arena:**

- $Absorción \% = \left[ \frac{(500 - A)}{A} \right] * 100 = 5.29 \%$

- **A-1.4. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO.**

**Designación ASTM C-136:** Método de prueba estándar para el análisis del tamiz de finos y gruesos áridos.

**Designación ASTM C-33:** Especificación estándar de agregados para concreto.

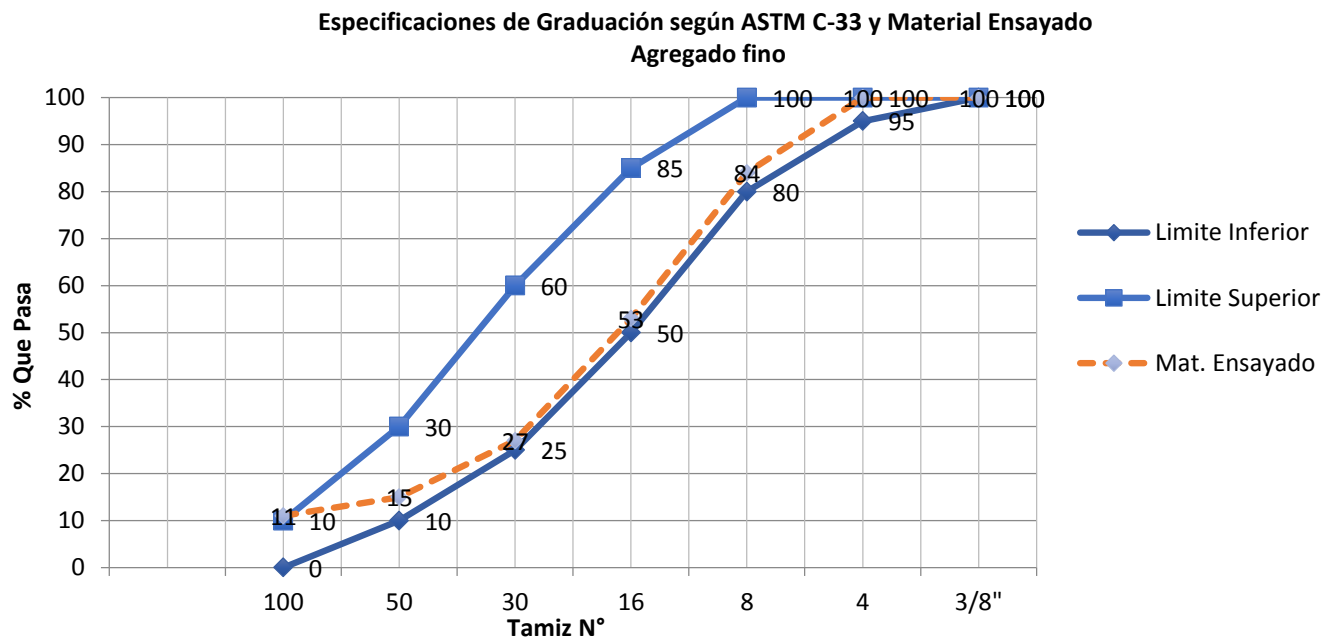
**Designación ASTM C-117:** Método de ensayo estándar para material más Fino que la Malla No. 200 (75  $\mu\text{m}$ ) en agregado mineral por lavado.

## Resumen de Ensayos Granulométricos.

Tabla N°A-1.5 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Granulometría.

ENSAYE N° 1							
Tamiz	Diámetro (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Límite Inferior	Límite Superior
3/8"	9.52	0	0	0	100	100%	100%
N° 4	4.75	0	0	0	100	95%	100%
N° 8	2.38	79	16	16	84	80%	100%
N° 16	1.19	154.2	31	47	53	50%	85%
N° 30	0.59	133.6	27	73	27	25%	60%
N° 50	0.297	58.7	12	85	15	10%	30%
N° 100	0.149	19.8	4	89	11	0%	10%
Pasa N° 100	-	54.7	11	100	0	-	-
Sumatoria	-	500	100	-	-	-	-
<b>Módulo de Finura</b>				<b>3.10</b>			

Gráfico N°A-1.1 Curva Granulométrica



## **Cálculos (Ensayo N°1)**

### **% Retenido parcial:**

#### **Formula a utilizar:**

$$\% RP = \frac{100}{W_{total}} \times WRP$$

$$\% RP(N^{\circ} 8) = 15.8 \% \sim 16 \%$$

### **% Retenido acumulado:**

$$\% RA (N^{\circ} 3/8") = 0 \%$$

$$\% RA (N^{\circ} 4) = 0 \% + 0 \% = 0 \%$$

$$\% RA (N^{\circ} 8) = 15.80 \% + 0 \% = 15.80 \sim 16 \%$$

### **% Que pasa el tamiz:**

#### **Formula a utilizar:**

$$\% Q \text{ pasa} = 100 \% - \% RA$$

$$\% Q \text{ pasa} - \% RA (N^{\circ} 3/8") = 100 \%$$

$$\% Q \text{ pasa} - \% RA (N^{\circ} 4) = 100 \%$$

$$\% Q \text{ pasa} - \% RA (N^{\circ} 8) = 84.20 \% \sim 84 \%$$

### **Módulo de finura de la arena:**

$$MF = \frac{\text{Sumatoria del \% Retenido Acumulativo (N^{\circ} 4 - N^{\circ} 100)}}{100}$$

$$MF = 3.10$$

**Porcentaje de material más fino que la malla No. 200:**

$$A = \left( \frac{B - C}{B} \right) * 100$$

Dónde:

A = Porcentaje de material más fino que la malla de No.200 por lavado.

B = masa seca de la muestra original (gr).

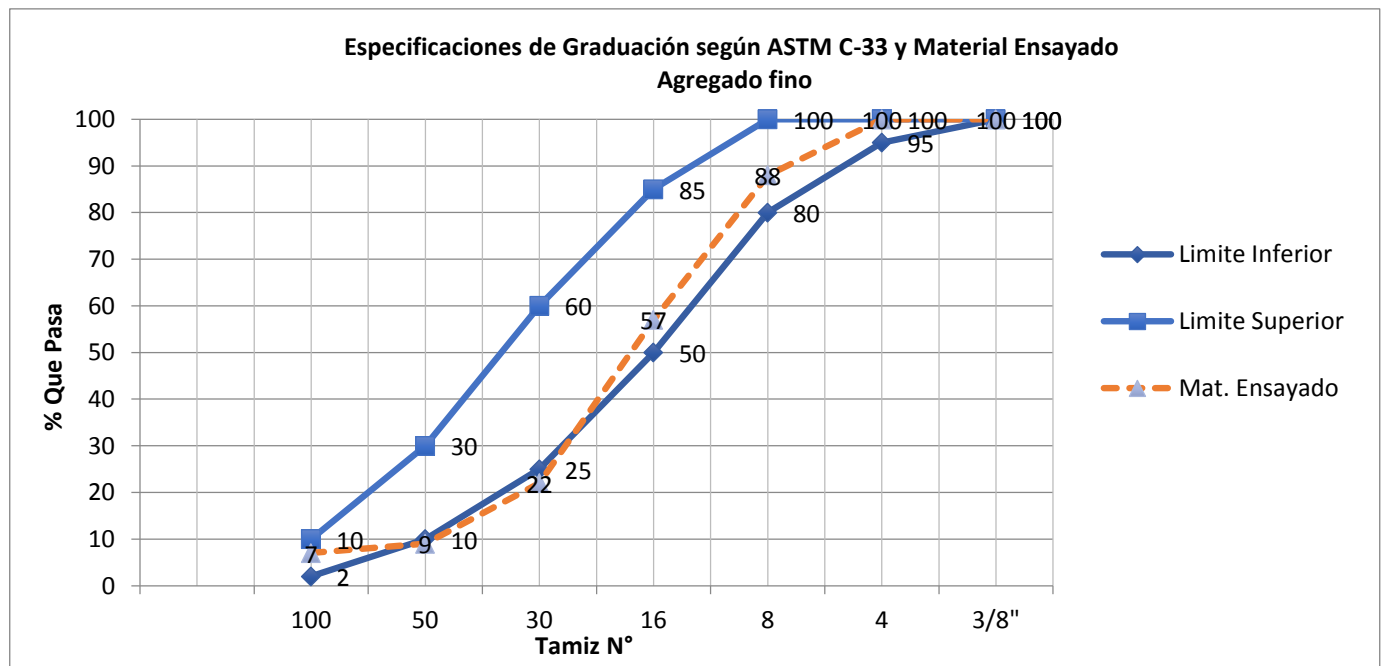
C = masa seca de la muestra después de lavado (gr).

$$A = \left( \frac{500 \text{ gr} - 451.2 \text{ gr}}{500 \text{ gr}} \right) * 100 = 9.8\%$$

Tabla N°A-1.6 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Granulometría.

ENSAYE N° 2							
Tamiz	Diámetro (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Límite Inferior	Límite Superior
3/8"	9.52	0	0	0	100	100%	100%
N° 4	4.75	0	0	0	100	95%	100%
N° 8	2.38	59.5	12	12	88	80%	100%
N° 16	1.19	157.3	31	43	57	50%	85%
N° 30	0.59	174.6	35	78	22	25%	60%
N° 50	0.297	65.8	13	91	9	10%	30%
N° 100	0.149	9.8	2	93	7	0%	10%
Pasa N° 100	-	33	7	100	-	-	-
<b>Sumatoria</b>	-	<b>500</b>	<b>100</b>	-	-	-	-
<b>Módulo de Finura</b>				<b>3.17</b>			

Gráfico N°A-1.2 Curva Granulométrica.



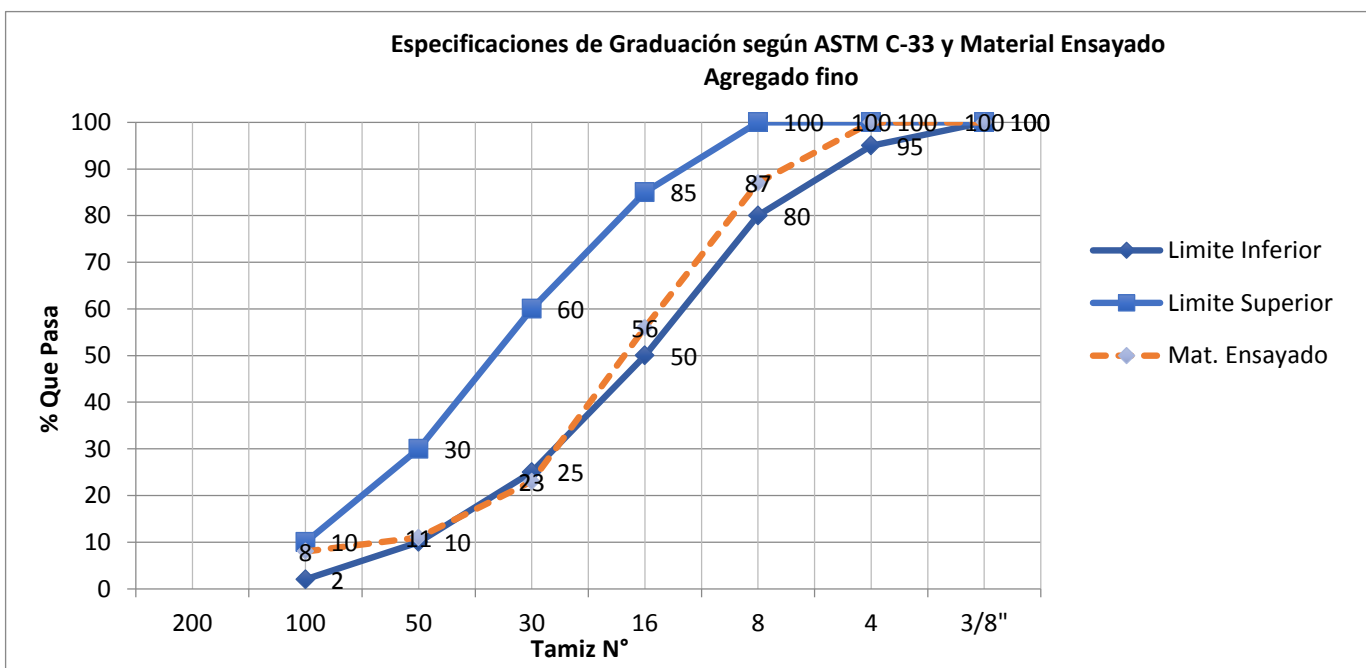
**Porcentaje de material más fino que la malla No. 200:**

**A: 6.14%**

Tabla N°A-1.7 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Granulometría.

ENSAYE N° 3							
Tamiz	Diámetro (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Límite Inferior	Límite Superior
3/8"	9.52	0	0	0	100	100%	100%
N° 4	4.75	0	0	0	100	95%	100%
N° 8	2.38	63.6	13	13	87	80%	100%
N° 16	1.19	155.1	31	44	56	50%	85%
N° 30	0.59	167	33	77	23	25%	60%
N° 50	0.297	61	12	89	11	10%	30%
N° 100	0.149	12.9	3	92	8	2%	10%
Pasa N° 100	-	40.4	8	100	-	-	-
<b>Sumatoria</b>	-	<b>500</b>	<b>100</b>	-	-	-	-
<b>Módulo de Finura</b>				<b>3.15</b>			

Gráfico N°A-1. 3 Curva Granulométrica.



Porcentaje de material más fino que la malla No. 200:

A: 7.62%



## **ANEXO A-1 Recopilación de datos del Aglomerante (Cemento)**

- **A-2.1. GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL CEMENTO HIDRÁULICO.**

**Designación ASTM C-188:** Método de prueba estándar para determinar la densidad del cemento hidráulico.

### Ensayo N° 1.

Tabla N°A-2.1 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Ge Cemento.

Datos de la Gravedad Especifica Del Cemento					
Peso del Cemento (Gr)	Temperatura Inicial (°C)	Temperatura Final (°C)	Volumen Inicial (ML)	Volumen Final (ML)	Gravedad Especifica
64	25.4	25.3	0.7	19.9	3.33

### Ensayo N° 2.

Tabla N°A-2.2 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Ge Cemento.

Datos de la Gravedad Especifica del Cemento					
Peso del Cemento (Gr)	Temperatura Inicial (°C)	Temperatura Final (°C)	Volumen Inicial (ML)	Volumen Final (ML)	Gravedad Especifica
64	25.6	25.5	0.5	21.8	3.00

**Fórmula para utilizar en este ensaye:**

$$GE_{\text{cemento}} = \frac{\text{Peso del cemento}}{\text{Volumen final} - \text{Volumen inicial}}$$

#### ENSAYE N° 1

$$GE_{\text{cemento}_1} = 3.33$$

#### ENSAYE N° 2

$$GE_{\text{cemento}_2} = 3.00$$

**Gravedad Específica del Cemento Promedio:**

$$GE_{\text{cemento}_{\text{promedio}}} = 3.17$$

- **A-2.2. CONSISTENCIA NORMAL DEL CEMENTO HIDRÁULICO.**

**Designación ASTM C-187:** Consistencia Normal del Cemento Hidráulico.

Tabla N°A-2.3 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Consistencia Normal.

Consistencia Normal del Cemento sin Aditivo			
Cantidad de Cemento (Gr)	Porcentaje Agua (%)	Cantidad de Agua (ml)	Penetración (mm)
650	23	150	2
650	25	163	5
<b>650</b>	<b>26</b>	<b>169</b>	<b>9.2</b>
650	27	176	13
650	29	189	15

- **A-2.3. DETERMINACION DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CEMENTO HIDRAULICO, POR EL METODO DE LA AGUJA DE VICAT.**

**Designación ASTM C-191:** Métodos de prueba estándar para el tiempo de fraguado del cemento hidráulico por Vicat Needle.

**NOTA:** Para la realización de este ensaye se utiliza el porcentaje de agua obtenido como resultado en la práctica sobre consistencia normal del cemento.

Datos:

Porcentaje de agua a utilizar: 26 %

Peso de cemento: 650 gr

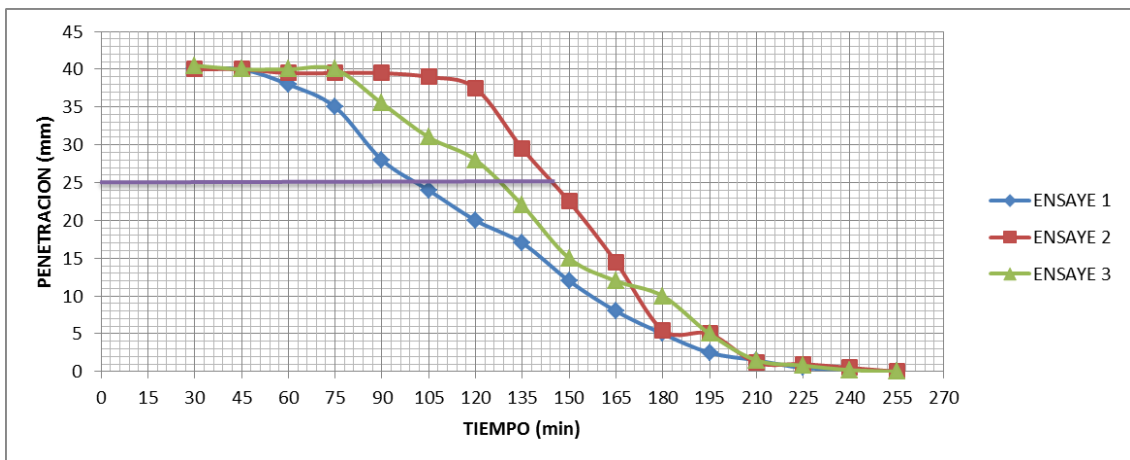
Volumen de agua:  $650 \text{ gr} (26/100) = 169 \text{ ml}$

- Sin Aditivo.

Tabla N°A-2.4 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Fraguado Sin Aditivo.

Fraguado de Pasta de Cemento				
Ensayo N°		N°1	N°2	N°3
LECTURA N°	Tiempo de Inicio de Amasado	09:20:00 a.m.	09:30:00 a.m.	09:35:00 a.m.
	TIEMPO (min)	PENETRACION (mm)		
1	30	40.00	40.00	40.50
2	45	40.00	40.00	40.00
3	60	38.00	39.50	40.00
4	75	35.00	39.50	40.00
5	90	28.00	39.50	35.50
6	105	24.00	39.00	31.00
7	120	20.00	37.50	28.00
8	135	17.00	29.50	22.00
9	150	12.00	22.50	15.00
10	165	8.00	14.50	12.00
11	180	5.00	5.50	10.00
12	195	2.50	5.00	5.00
13	210	1.50	1.20	1.50
14	225	0.50	1.00	0.80
15	240	0.30	0.50	0.20
16	255	0.00	0.00	0.00

Gráfico N°A-2.1 Desarrollo de Fraguado-Sin Aditivo.

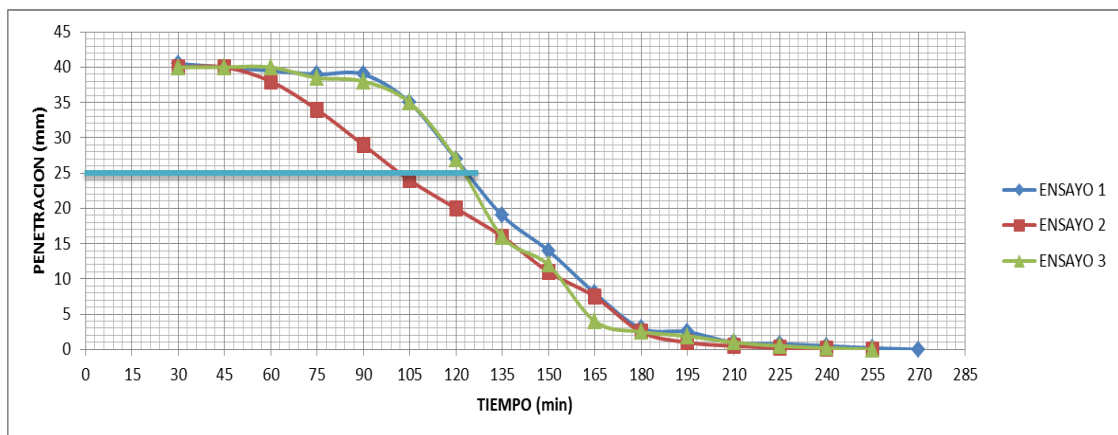


- Aditivo 0.2% = 1.3 gr.

Tabla N°A-2.5 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Fraguado Aditivo 0.2%.

Fraguado de Pasta de Cemento				
LECTURA N°	Ensayo N°	N°1	N°2	N°3
	Tiempo de Inicio de Amasado	09:20:00 a.m.	09:30:00 a.m.	09:35:00 a.m.
	TIEMPO (min)	PENETRACION (mm)		
1	30	40.50	40.00	40.00
2	45	40.00	40.00	40.00
3	60	39.50	38.00	40.00
4	75	39.00	34.00	38.50
5	90	39.00	29.00	38.00
6	105	35.00	24.00	35.00
7	120	27.00	20.00	27.00
8	135	19.00	16.00	16.00
9	150	14.00	11.00	12.00
10	165	8.00	7.50	4.00
11	180	3.00	2.50	2.50
12	195	2.50	1.00	1.90
13	210	1.00	0.50	1.00
14	225	0.80	0.20	0.50
15	240	0.50	0.10	0.20
16	255	0.20	0.00	0.00
17	270	0.00	-	-

Gráfico N°A-2.2 Desarrollo de Fraguado-Aditivo 0.2%.

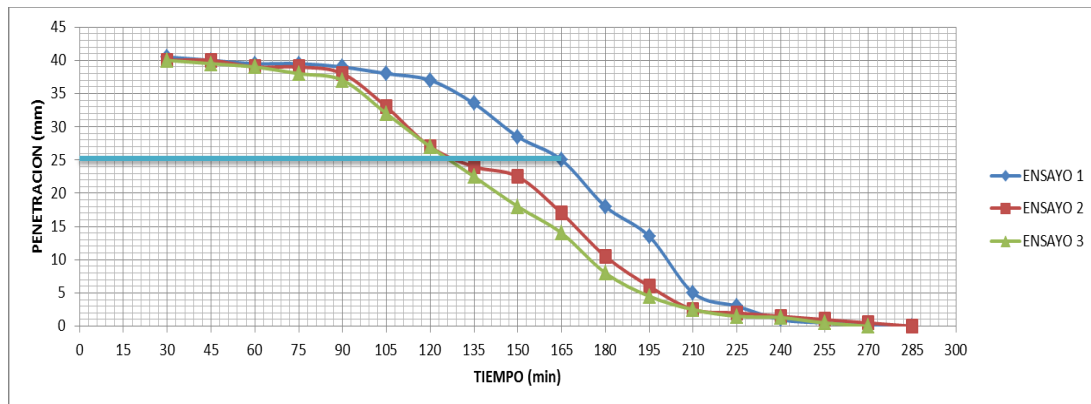


- Aditivo 0.5% = 3.25 gr.

Tabla N°A-2.6 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Fraguado Aditivo 0.5%.

Fraguado de Pasta de cemento				
Ensayo N°		N°1	N°2	N°3
LECTURA N°	Tiempo de Inicio de Amasado	09:25:00 a.m.	09:40:00 a.m.	09:55:00 a.m.
	TIEMPO (min)	PENETRACION (mm)		
1	30	40.50	40.00	40.00
2	45	40.00	40.00	39.50
3	60	39.50	39.00	39.00
4	75	39.50	39.00	38.00
5	90	39.00	38.00	37.00
6	105	38.00	33.00	32.00
7	120	37.00	27.00	27.00
8	135	33.50	24.00	22.50
9	150	28.50	22.50	18.00
10	165	25.00	17.00	14.00
11	180	18.00	10.50	8.00
12	195	13.50	6.00	4.50
13	210	5.00	2.50	2.50
14	225	3.00	2.00	1.50
15	240	1.00	1.50	1.30
16	255	0.50	1.00	0.50
17	270	0.20	0.50	0.00
18	285	0.00	0.00	-

Gráfico N°A-2.3 Desarrollo de Fraguado-Aditivo 0.5%.

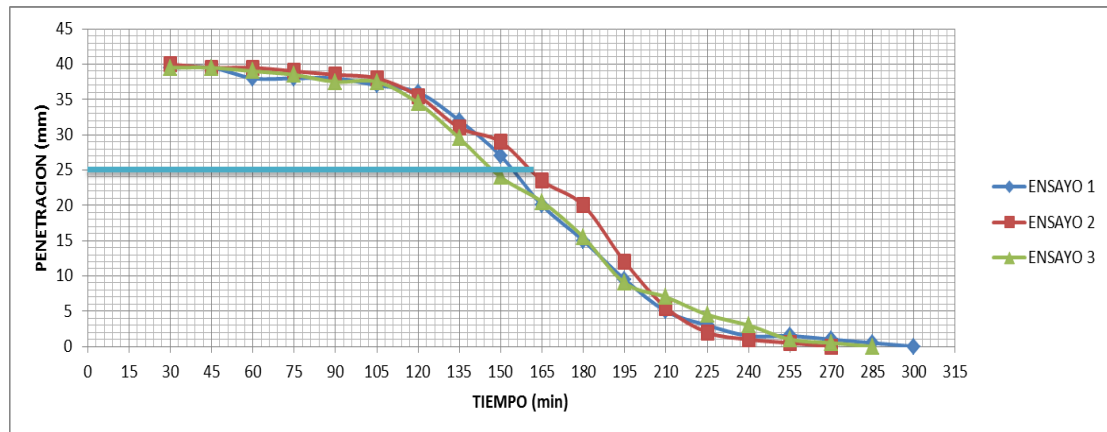


- Aditivo 0.7% = 4.55 gr.

Tabla N°A-2.7 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Fraguado Aditivo 0.7%.

Fraguado de Pasta de cemento				
Ensayo N°		N°1	N°2	N°3
LECTURA N°	Tiempo de Inicio de Amasado	09:25:00 a.m.	09:40:00 a.m.	09:55:00 a.m.
	TIEMPO (min)	PENETRACION (mm)		
1	30	39.50	40.00	39.50
2	45	39.50	39.50	39.50
3	60	38.00	39.50	39.00
4	75	38.00	39.00	38.50
5	90	38.00	38.50	37.50
6	105	37.00	38.00	37.50
7	120	36.00	35.50	34.50
8	135	32.00	31.00	29.50
9	150	27.00	29.00	24.00
10	165	20.00	23.50	20.50
11	180	15.00	20.00	15.50
12	195	9.50	12.00	9.00
13	210	5.00	5.50	7.00
14	225	3.00	2.00	4.50
15	240	1.50	1.00	3.00
16	255	1.50	0.50	1.00
17	270	1.00	0.00	0.50
18	285	0.50	-	0.00
19	300	0.00	-	-

Gráfico N°A-2.4Desarrollo de Fraguado-Aditivo 0.7%.

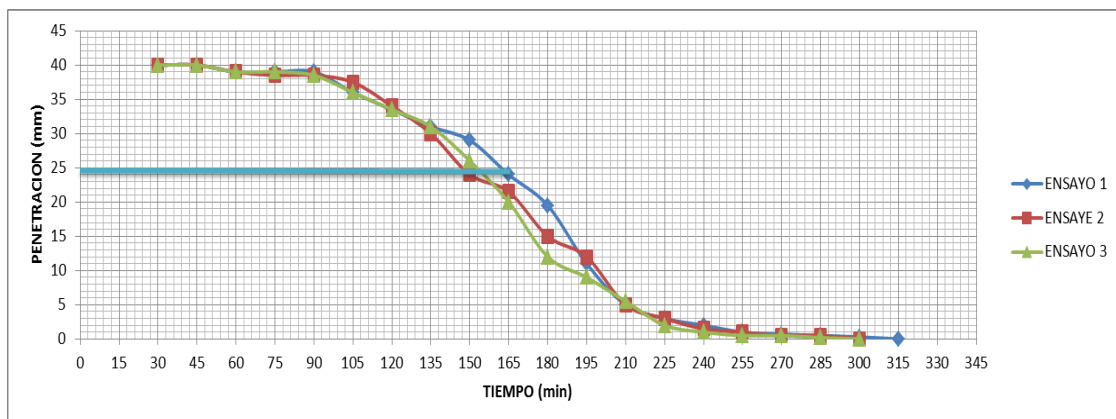


- Aditivo 1% = 6.5 gr.

Tabla N°A-2.8 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Fraguado Aditivo 1.0%.

Fraguado de Pasta de cemento				
LECTURA Nº	Ensayo N°	N°1	N°2	N°3
	Tiempo de Inicio de Amasado	09:00:00 a.m.	09:15:00 a.m.	09:30:00 a.m.
	TIEMPO (min)	PENETRACION (mm)		
1	30	40.00	40.00	40.00
2	45	40.00	40.00	40.00
3	60	39.00	39.00	39.00
4	75	39.00	38.50	39.00
5	90	39.00	38.50	38.50
6	105	36.00	37.50	36.00
7	120	33.50	34.00	33.50
8	135	31.00	30.00	31.00
9	150	29.00	24.00	26.00
10	165	24.00	21.50	20.00
11	180	19.50	15.00	12.00
12	195	11.00	12.00	9.00
13	210	5.00	5.00	5.50
14	225	3.00	3.00	2.00
15	240	2.00	1.50	1.00
16	255	1.00	1.00	0.50
17	270	0.70	0.50	0.50
18	285	0.50	0.50	0.20
19	300	0.30	0.00	0.00
20	315	0.00	-	-

Gráfico N°A-2.5 Desarrollo de Fraguado-Aditivo 1.0%.



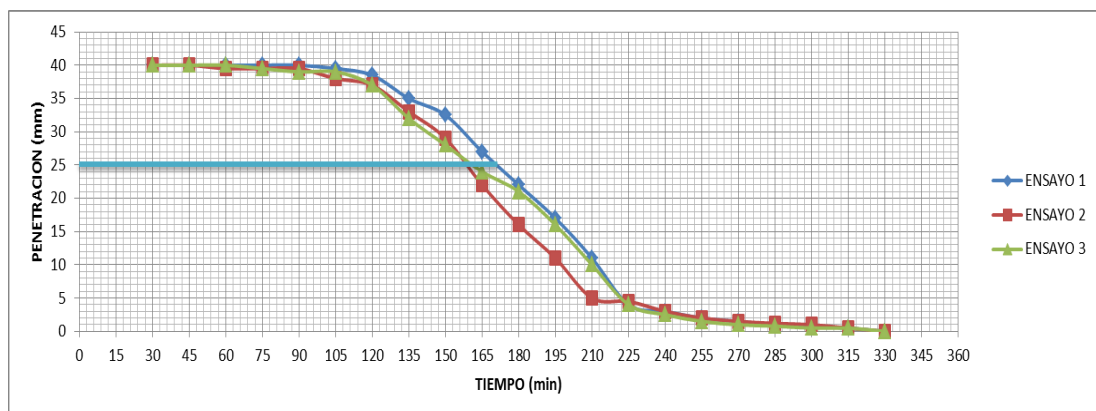


- Aditivo 1.8% = 11.7 gr.

Tabla N°A-2.9 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Fraguado Aditivo 1.8%.

Fraguado de Pasta de cemento				
LECTURA N°	Ensayo N°	N°1	N°2	N°3
	Tiempo de Inicio de Amasado	08:45:00 a.m.	09:00:00 a.m.	09:15:00 a.m.
	TIEMPO (min)	PENETRACION (mm)		
1	30	40.00	40.00	40.00
2	45	40.00	40.00	40.00
3	60	40.00	39.50	40.00
4	75	40.00	39.50	39.50
5	90	40.00	39.50	39.00
6	105	39.50	38.00	39.00
7	120	38.50	37.00	37.00
8	135	35.00	33.00	32.00
9	150	32.50	29.00	28.00
10	165	27.00	22.00	24.00
11	180	22.00	16.00	21.00
12	195	17.00	11.00	16.00
13	210	11.00	5.00	10.00
14	225	4.00	4.50	4.00
15	240	3.00	3.00	2.50
16	255	2.00	2.00	1.50
17	270	1.50	1.50	1.00
18	285	1.00	1.20	0.80
19	300	0.80	1.00	0.50
20	315	0.50	0.50	0.50
21	330	0.00	0.00	0.00

Gráfico N°A-2.6 Desarrollo de Fraguado-Aditivo 1.8%.

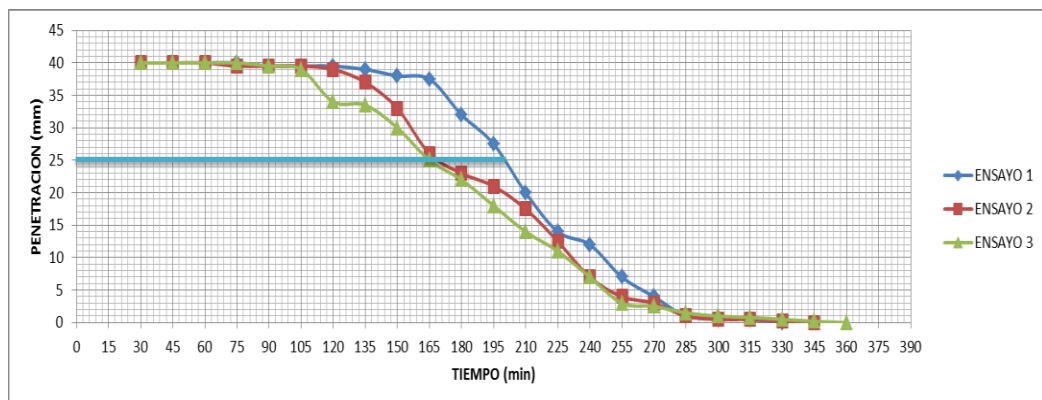


- Aditivo 2.5% = 16.25 gr.

Tabla N°A-2.10 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Fraguado Aditivo 2.5%.

Fraguado de Pasta de cemento				
LECTURA N°	Ensaye N°	N°1	N°2	N°3
	Tiempo de Inicio de Amasado	09:35:00 a.m.	09:50:00 a.m.	10:05:00 a.m.
	TIEMPO (min)	PENETRACION (mm)		
1	30	40.00	40.00	40.00
2	45	40.00	40.00	40.00
3	60	40.00	40.00	40.00
4	75	40.00	39.50	40.00
5	90	39.50	39.50	39.50
6	105	39.50	39.50	39.00
7	120	39.50	39.00	34.00
8	135	39.00	37.00	33.50
9	150	38.00	33.00	30.00
10	165	37.50	26.00	25.00
11	180	32.00	23.00	22.00
12	195	27.50	21.00	18.00
13	210	20.00	17.50	14.00
14	225	14.00	12.50	11.00
15	240	12.00	7.00	7.00
16	255	7.00	4.00	3.00
17	270	4.00	3.00	2.50
18	285	1.00	1.00	1.50
19	300	0.80	0.50	1.00
20	315	0.50	0.50	0.80
21	330	0.00	0.20	0.50
22	345	-	0.00	0.20
23	360	-	-	0.00

Gráfico N°A-2.7 Desarrollo de Fraguado-Aditivo 2.5%.

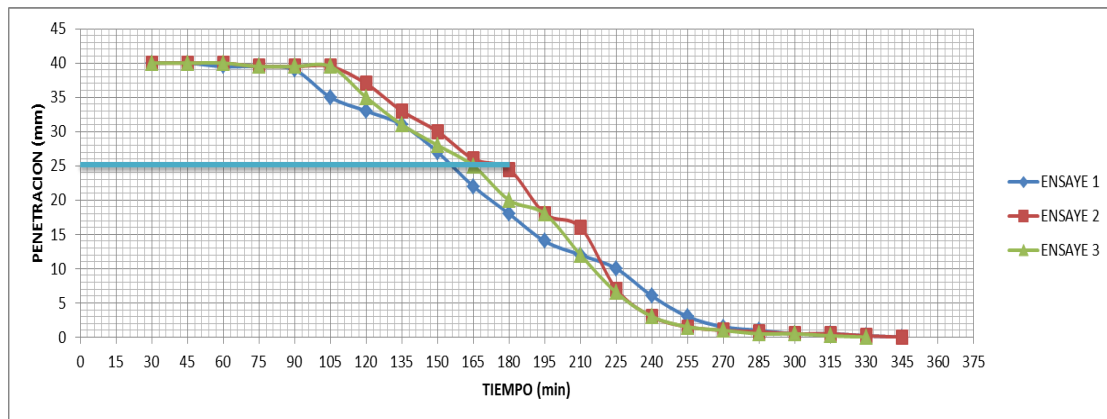


- Aditivo 3.8% = 24.7 gr.

Tabla N°A-2.11 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Fraguado Aditivo 3.8%.

Fraguado de Pasta de cemento				
LECTURA N°	Ensayo N°	N°1	N°2	N°3
	Tiempo de Inicio de Amasado	08:50:00 a.m.	09:05:00 a.m.	09:20:00 a.m.
	TIEMPO (min)	PENETRACION (mm)		
1	30	40.00	40.00	40.00
2	45	40.00	40.00	40.00
3	60	39.50	40.00	40.00
4	75	39.50	39.50	39.50
5	90	39.00	39.50	39.50
6	105	35.00	39.50	39.50
7	120	33.00	37.00	35.00
8	135	31.00	33.00	31.00
9	150	27.00	30.00	28.00
10	165	22.00	26.00	25.00
11	180	18.00	24.50	20.00
12	195	14.00	18.00	18.00
13	210	12.00	16.00	12.00
14	225	10.00	7.00	6.50
15	240	6.00	3.00	3.00
16	255	3.00	1.50	1.50
17	270	1.50	1.00	1.00
18	285	1.00	0.80	0.50
19	300	0.50	0.50	0.50
20	315	0.50	0.50	0.20
21	330	0.20	0.20	0.00
22	345	0.00	0.00	-

Gráfico N°A-2.8 Desarrollo de Fraguado-Aditivo 3.8%.

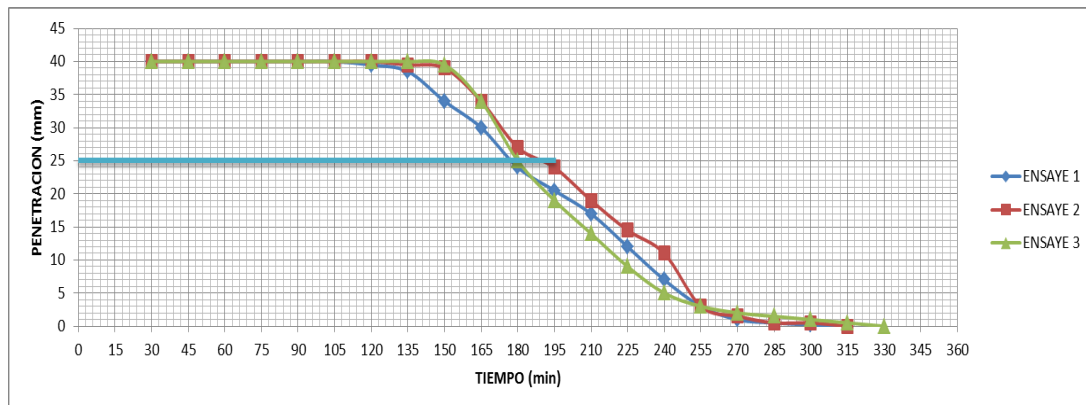


- Aditivo 5% = 32.5 gr.

Tabla N°A-2.12 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Fraguado Aditivo 5.0%.

Fraguado de Pasta de cemento				
LECTURA N°	Ensayo N°	N°1	N°2	N°3
	Tiempo de Inicio de Amasado	08:50:00 a.m.	09:05:00 a.m.	09:20:00 a.m.
	TIEMPO (min)	PENETRACION (mm)		
1	30	40.00	40.00	40.00
2	45	40.00	40.00	40.00
3	60	40.00	40.00	40.00
4	75	40.00	40.00	40.00
5	90	40.00	40.00	40.00
6	105	40.00	40.00	40.00
7	120	39.50	40.00	40.00
8	135	38.50	39.50	40.00
9	150	34.00	39.00	39.50
10	165	30.00	34.00	34.00
11	180	24.00	27.00	25.00
12	195	20.50	24.00	19.00
13	210	17.00	19.00	14.00
14	225	12.00	14.50	9.00
15	240	7.00	11.00	5.00
16	255	3.00	3.00	3.00
17	270	1.00	1.50	2.00
18	285	0.50	0.50	1.50
19	300	0.20	0.50	1.00
20	315	0.00	0.00	0.50
21	330	-	-	0.00

Gráfico N°A-2.9Desarrollo de Fraguado-Aditivo 5.0%.



## **ANEXO A-3 Procedimiento y Recopilación de Datos del Diseño de Mortero.**

### A-3.1 ELABORACION DE MEZCLAS DE MORTERO DE CEMENTO.

- A-3.1.1 DISEÑO DE LA MEZCLA DE MORTERO.

$$R^a/c = 0.57$$

Tabla N°A-3.1 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Diseño de Mortero.

RESULTADOS OBTENIDOS DEL LABORATORIO				
Material	PVSS (Kg/m <sup>3</sup> )	PVSC (Kg/m <sup>3</sup> )	Gravedad Especifica	% Absorción
Cemento	1125	-	3.17	-
Arena	1410	1488	2.51	5.5

#### 1. Volumen de Lechada.

$$1 - \frac{1410 \text{ (Kg/m}^3\text{)}}{2.51(1000)} = 0.438$$

#### 2. Volumen de Cemento.

$$V_{\text{cemento}} = \frac{42.5 \text{ Kg}}{3.17(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.013\text{m}^3$$

$$W_w = 42.5 \text{ Kg} (0.57) = 24.225\text{Kg}$$

$$W_w = \frac{24.225 \text{ Kg}}{(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.024225\text{m}^3$$

$$\text{Volumen de Lechada} = 0.013\text{m}^3 + 0.024225\text{m}^3 = 0.038\text{m}^3$$

#### 3. Volumen para 1m<sup>3</sup> de Mezcla.

$$\text{Cemento} = \frac{0.013\text{m}^3}{0.038\text{m}^3} = \frac{1\text{m}^3}{0.438\text{m}^3}$$

$$\text{Cemento} = 0.156\text{m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{0.024225\text{m}^3}{0.038\text{m}^3} = \frac{\text{Agua}}{0.438\text{m}^3}$$

$$\text{Agua} = 0.282\text{m}^3$$

$$\text{Volumen para 1m}^3\text{ de mezcla} = 0.156\text{m}^3 + 0.282\text{m}^3 = 0.438\text{m}^3$$

#### 4. Peso del Material

$$W_{\text{cimento}} = (3.17) * (0.156 \text{ m}^3) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = 494.94 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{agua}} = (0.282 \text{ m}^3) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = 282 \text{ Lts}$$

$$W_{\text{arena}} = 1,410 \text{ Kg}$$

#### 5. Corrección por Absorción.

$$W_{\text{abs}} = 1,410 \text{ Kg} \left( \frac{5.5}{100} \right) = 77.55 \text{ Lts}$$

$$\text{Agua total de Mezcla} = 282 \text{ Lts} + 77.55 \text{ Lts} = 359.55 \text{ Lts}$$

#### 6. Calculo de Volúmenes Suelos.

$$V_{\text{cimento}} = \frac{494.94 \text{ Kg}}{(1125 \text{ Kg/m}^3)} = 0.4399 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{arena}} = \frac{(1410 \text{ Kg/m}^3)}{(1410 \text{ Kg/m}^3)} = 1 \text{ m}^3$$

#### 7. Proporciones.

$$\text{Cemento} = \frac{0.4399 \text{ m}^3}{0.4399 \text{ m}^3} = 1$$

$$\text{Arena} = \frac{1 \text{ m}^3}{0.4399 \text{ m}^3} = 2.27$$

$$W_{\text{cimento}} = 494.94 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{arena}} = 1,410 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{agua}} = 359.55 \text{ Lts}$$

PESOS DE MATERIALES PARA 12 ESPECÍMENES DE MORTERO						
Peso en Mesa de Fluidéz			12	1.2		
	kg	gr	12 cubos	FD		Fluidéz
Peso de Cemento	0.065	65	779	934	gr	79%
Peso de Arena	0.185	185	2218	2662	gr	
Peso de Agua	0.047	47	566	679	gr o ml	

## CORRECCIÓN

Para alcanzar la fluidez solicitada por HOPSA se realizó el siguiente ajuste al diseño agregando arena, (585gr de arena a un peso de 12 cubos) encontrando que nuestro nuevo peso de material para  $1\text{m}^3$  es de  $1782\text{ Kg/m}^3$ .

Peso de arena para 12 cubos sin corrección por fluidez = 2220 gr

Peso de arena para 12 cubos con corrección por fluidez = 2805 gr

$$\frac{2.805\text{ kg}}{X} = \frac{(1.573158144 * 10^{-3}\text{m}^3)}{1\text{m}^3}$$

$$X = 1782\text{ Kg}$$

Donde este sería nuestro nuevo peso de arena para  $1\text{m}^3$  de mezcla.

### Nuevos Pesos de Materiales

Wcemento = 494.94 Kg

Warena = 1,782 Kg

**(Agua sin corrección por absorción)**

Wagua = 282 Lts



### **Paso 1**

**Pasar los pesos de material a volúmenes sólidos.**

$$W_{\text{cimento}} = \frac{494.94 \text{ Kg}}{3.17(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.1561 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{arena}} = \frac{1,782 \text{ Kg}}{2.51(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.7104 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{agua}} = \frac{282 \text{ Lts}}{(1000 \text{ Lts/m}^3)} = 0.282 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{total de mezcla}} = 1.1485 \text{ m}^3$$

### **Paso 2**

**Calcular volúmenes para 1m<sup>3</sup> de mezcla.**

$$\text{Cemento} = \frac{0.1561 \text{ m}^3}{1.1485 \text{ m}^3} = \frac{X}{1 \text{ m}^3}$$

$$\text{Cemento} \rightarrow X = 0.1359 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena} = \frac{0.7104 \text{ m}^3}{1.1485 \text{ m}^3} = \frac{X}{1 \text{ m}^3}$$

$$\text{Arena} \rightarrow X = 0.6185 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{0.282 \text{ m}^3}{1.1485 \text{ m}^3} = \frac{X}{1 \text{ m}^3}$$

$$\text{Agua} \rightarrow X = 0.2456 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{total para 1m}^3 \text{ de mezcla}} = 0.1359 \text{ m}^3 + 0.6185 \text{ m}^3 + 0.2456 \text{ m}^3 = \mathbf{1 \text{ m}^3}$$

### **Paso 3**

**Pasar los Volúmenes de los materiales a Peso.**

$$W_{\text{cimento}} = (0.1359 \text{ m}^3) * (3.17) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = \mathbf{430.80 \text{ Kg}}$$

$$W_{\text{arena}} = (0.6185 \text{ m}^3) * (2.51) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = \mathbf{1,552 \text{ Kg}}$$

$$W_{\text{agua}} = (0.2456 \text{ m}^3) * (1000 \text{ Lts/m}^3) = 245.6 \text{ Lts} \text{ ( Ésta solo es agua de diseño )}$$

**Con el agua por absorción seria:**

$$W_{\text{agua}} = 245.6 \text{ Lts} + \left( (1,552) \left( \frac{5.5}{100} \right) \right) = \mathbf{330.96 \text{ Lts}}$$

NUEVOS PESOS DE MATERIALES PARA 12 ESPECÍMENES DE MORTERO						
Peso en Mesa de Fluidéz			12	1.2		
	kg	gr	para 12 especímenes (gr)	FD		Fluidéz
Peso de Cemento	0.056512	57	678	814	gr	56%
Peso de Arena	0.203454	203	2441	2930	gr	
Peso de Agua	0.043402	43	521	625	gr o ml	

$$R^a/c = 0.60$$

Tabla N°A-3.2 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Diseño de Mortero.

RESULTADOS OBTENIDOS DEL LABORATORIO				
Material	PVSS (Kg/m <sup>3</sup> )	PVSC (Kg/m <sup>3</sup> )	Gravedad Especifica	% Absorción
Cemento	1125	-	3.17	-
Arena	1410	1488	2.51	5.5

### 1. Volumen de Lechada.

$$1 - \frac{1410 \text{ (Kg/m}^3\text{)}}{2.51(1000)} = 0.438$$

### 2. Volumen de Cemento.

$$V_{\text{cemento}} = \frac{42.5 \text{ Kg}}{3.17(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.013\text{m}^3$$

$$W_w = 42.5 \text{ Kg} (0.60) = 25.5\text{Kg}$$

$$W_w = \frac{25.5 \text{ Kg}}{(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.0255\text{m}^3$$

$$\text{Volumen de Lechada} = 0.013\text{m}^3 + 0.0255\text{m}^3 = 0.039\text{m}^3$$

### 3. Volumen para 1m<sup>3</sup> de Mezcla.

$$\text{Cemento} = \frac{0.013\text{m}^3}{0.039\text{m}^3} = \frac{1\text{m}^3}{0.438\text{m}^3}$$

$$\text{Cemento} = 0.151\text{m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{0.0255\text{m}^3}{0.039\text{m}^3} = \frac{\text{Agua}}{0.438\text{m}^3}$$

$$\text{Agua} = 0.287\text{m}^3$$

$$\text{Volumen para 1m}^3 \text{ de mezcla} = 0.151\text{m}^3 + 0.287\text{m}^3 = 0.438\text{m}^3$$

#### 4. Peso del Material

$$W_{\text{cimento}} = (3.17) * (0.151\text{m}^3) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = 478.72 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{agua}} = (0.287\text{m}^3) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = 287 \text{ Lts}$$

$$W_{\text{arena}} = 1,410 \text{ Kg}$$

#### 5. Corrección por Absorción.

$$W_{\text{abs}} = 1,410 \text{ Kg} \left( \frac{5.5}{100} \right) = 77.55 \text{ Lts}$$

$$\text{Agua total de Mezcla} = 287 \text{ Lts} + 77.55 \text{ Lts} = 364.55 \text{ Lts}$$

#### 6. Calculo de Volúmenes Suelos.

$$V_{\text{cimento}} = \frac{478.72 \text{ Kg}}{(1125 \text{ Kg/m}^3)} = 0.4255 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{arena}} = \frac{(1410 \text{ Kg/m}^3)}{(1410 \text{ Kg/m}^3)} = 1 \text{ m}^3$$

#### 7. Proporciones.

$$\text{Cemento} = \frac{0.4255\text{m}^3}{0.4255\text{m}^3} = 1$$

$$\text{Arena} = \frac{1\text{m}^3}{0.4255\text{m}^3} = 2.35$$

$$W_{\text{cimento}} = 478.72 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{arena}} = 1,410 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{agua}} = 364.78 \text{ Lts}$$

PESOS DE MATERIALES PARA 12 ESPECÍMENES DE MORTERO						
Peso en Mesa de Fluides			12	1.2		
	kg	gr	para 12 especímenes (gr)	FD		Fluides
Peso de Cemento	0.062758	63	753	904	gr	96%
Peso de Arena	0.184846	185	2218	2662	gr	
Peso de Agua	0.047822	48	574	689	gr o ml	

## CORRECCIÓN

Para alcanzar la fluidez solicitada por HOPSA se realizó el siguiente ajuste al diseño agregando arena, (585gr de arena a un peso de 12 cubos) encontrando que nuestro nuevo peso de material para 1m<sup>3</sup> es de 1782 Kg/m<sup>3</sup>.

Peso de arena para 12 cubos sin corrección por fluidez = 2220 gr

Peso de arena para 12 cubos con corrección por fluidez = 2805 gr

$$\frac{2.805 \text{ kg}}{X} = \frac{(1.573158144 * 10^{-3} \text{ m}^3)}{1 \text{ m}^3}$$

$$X = 1782 \text{ Kg}$$

Donde este sería nuestro nuevo peso de arena para un metro cubico de mezcla.

### Nuevos Pesos de Materiales.

Wcemento = 478.72 Kg

Warena = 1,782 Kg

**(Agua sin corrección por absorción)**

Wagua = 287 Lts

### **Paso 1**

**Pasar los pesos de material a volúmenes sólidos.**

$$W_{\text{cimento}} = \frac{478.72 \text{ Kg}}{3.17(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.1510 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{arena}} = \frac{1,782 \text{ Kg}}{2.51(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.7104 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{agua}} = \frac{287 \text{ Lts}}{(1000 \text{ Lts/m}^3)} = 0.287 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{total de mezcla}} = 1.1485 \text{ m}^3$$

### **Paso 2**

**Calcular volúmenes para 1m<sup>3</sup> de mezcla.**

$$\text{Cemento} = \frac{0.1510 \text{ m}^3}{1.1485 \text{ m}^3} = \frac{X}{1 \text{ m}^3}$$

$$\text{Cemento} \rightarrow X = 0.1315 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena} = \frac{0.7104 \text{ m}^3}{1.1485 \text{ m}^3} = \frac{X}{1 \text{ m}^3}$$

$$\text{Arena} \rightarrow X = 0.6185 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{0.287 \text{ m}^3}{1.1485 \text{ m}^3} = \frac{X}{1 \text{ m}^3}$$

$$\text{Agua} \rightarrow X = 0.2501 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{total para 1m}^3 \text{ de mezcla}} = 0.1315 \text{ m}^3 + 0.6185 \text{ m}^3 + 0.2501 \text{ m}^3 = \mathbf{1 \text{ m}^3}$$

### **Paso 3**

**Pasar los Volúmenes de los materiales a Peso.**

$$W_{\text{cimento}} = (0.1315 \text{ m}^3) * (3.17) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = \mathbf{416.82 \text{ Kg}}$$

$$W_{\text{arena}} = (0.6185 \text{ m}^3) * (2.51) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = \mathbf{1,552 \text{ Kg}}$$

$$W_{\text{agua}} = (0.2501 \text{ m}^3) * (1000 \text{ Lts/m}^3) = 250 \text{ Lts} \text{ (Este solo es agua de diseño)}$$

**Con el agua por absorción sería:**

$$W_{\text{agua}} = 250 \text{ Lts} + \left( (1,552) \left( \frac{5.5}{100} \right) \right) = \mathbf{335.45 \text{ Lts}}$$

NUEVOS PESOS DE MATERIALES PARA 12 ESPECÍMENES DE MORTERO						
Peso en Mesa de Fluidéz			12	1.2		
	kg	gr	para 12 especímenes (gr)	FD		Fluidéz
Peso de Cemento	0.05466	55	656	787	gr	61%
Peso de Arena	0.203454	203	2441	2930	gr	
Peso de Agua	0.043986	44	528	633	gr o ml	

$$R^a/c = 0.63$$

Tabla N°A-3.3 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Diseño de Mortero.

RESULTADOS OBTENIDOS DEL LABORATORIO				
Material	PVSS (Kg/m <sup>3</sup> )	PVSC (Kg/m <sup>3</sup> )	Gravedad Especifica	% Absorción
Cemento	1125	-	3.17	-
Arena	1410	1488	2.51	5.5

### 1. Volumen de Lechada.

$$1 - \frac{1410 \text{ (Kg/m}^3\text{)}}{2.51(1000)} = 0.438\text{m}^3$$

### 2. Volumen de Cemento.

$$V_{\text{cemento}} = \frac{42.5 \text{ Kg}}{3.17(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.013\text{m}^3$$

$$W_w = 42.5 \text{ Kg} (0.63) = 26.775\text{Kg}$$

$$W_w = \frac{26.775 \text{ Kg}}{(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.026775\text{m}^3$$

$$\text{Volumen de Lechada} = 0.013\text{m}^3 + 0.026775\text{m}^3 = 0.04018\text{m}^3$$

### 3. Volumen para 1m<sup>3</sup> de Mezcla.

$$\text{Cemento} = \frac{0.013\text{m}^3}{0.04018\text{m}^3} = \frac{1\text{m}^3}{0.438\text{m}^3}$$

$$\text{Cemento} = 0.146\text{m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{0.026775\text{m}^3}{0.04018\text{m}^3} = \frac{\text{Agua}}{0.438\text{m}^3}$$

$$\text{Agua} = 0.292\text{m}^3$$

$$\text{Volumen para 1m}^3 \text{ de mezcla} = 0.146\text{m}^3 + 0.292\text{m}^3 = 0.438\text{m}^3$$



#### 4. Peso del Material.

$$W_{\text{cimento}} = (3.17) * (0.146\text{m}^3) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = 463.53 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{agua}} = (0.292\text{m}^3) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = 292 \text{ Lts}$$

$$W_{\text{arena}} = 1,410 \text{ Kg}$$

#### 5. Corrección por Absorción.

$$W_{\text{abs}} = 1,410 \text{ Kg} \left( \frac{5.5}{100} \right) = 77.55 \text{ Lts}$$

$$\text{Agua total de Mezcla} = 292 \text{ Lts} + 77.55 \text{ Lts} = 369.55 \text{ Lts}$$

#### 6. Calculo de Volúmenes Suelos.

$$V_{\text{cimento}} = \frac{463.53 \text{ Kg}}{(1125 \text{ Kg/m}^3)} = 0.4120 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{arena}} = \frac{(1410 \text{ Kg/m}^3)}{(1410 \text{ Kg/m}^3)} = 1 \text{ m}^3$$

#### 7. Proporciones.

$$\text{Cemento} = \frac{0.4120\text{m}^3}{0.4120\text{m}^3} = 1$$

$$\text{Arena} = \frac{1\text{m}^3}{0.4120\text{m}^3} = 2.43$$

$$W_{\text{cimento}} = 463.53 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{arena}} = 1,410 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{agua}} = 369.55 \text{ Lts}$$

PESOS DE MATERIALES PARA 12 ESPECÍMENES DE MORTERO						
Peso en Mesa de Fluides			12	1.2		
	kg	gr	para 12 especímenes (gr)	FD		Fluides
Peso de Cemento	0.060767	61	729	875	gr	112%
Peso de Arena	0.184846	185	2218	2662	gr	
Peso de Agua	0.04845	48	581	698	gr o ml	

## CORRECCIÓN

Para alcanzar la fluidez solicitada por HOPSA se realizó el siguiente ajuste al diseño agregando arena, (585gr de arena a un peso de 12 cubos) encontrando que nuestro nuevo peso de material para  $1\text{m}^3$  es de  $1782\text{ Kg/m}^3$ .

Peso de arena para 12 cubos sin corrección por fluidez = 2220 gr

Peso de arena para 12 cubos con corrección por fluidez = 2805 gr

$$\frac{2.805\text{ kg}}{X} = \frac{(1.573158144 * 10^{-3}\text{m}^3)}{1\text{m}^3}$$

$$X = 1782\text{ Kg}$$

Donde este sería nuestro nuevo peso de arena para un metro cubico de mezcla.

### Nuevos Pesos de Materiales

Wcemento = 463.53 Kg

Warena = 1,782 Kg

### (Agua sin corrección por absorción)

Wagua = 292 Lts

### **Paso 1**

**Pasar los pesos de material a volúmenes sólidos.**

$$W_{\text{cimento}} = \frac{463.53 \text{ Kg}}{3.17(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.1462 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{arena}} = \frac{1,782 \text{ Kg}}{2.51(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.7104 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{agua}} = \frac{292 \text{ Lts}}{(1000 \text{ Lts/m}^3)} = 0.292 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{total de mezcla}} = 1.1486 \text{ m}^3$$

### **Paso 2**

**Calcular volúmenes para 1m<sup>3</sup> de mezcla.**

$$\text{Cemento} = \frac{0.1462\text{m}^3}{1.1486\text{m}^3} = \frac{X}{1\text{m}^3}$$

$$\text{Cemento} \rightarrow X = 0.1273\text{m}^3$$

$$\text{Arena} = \frac{0.7104\text{m}^3}{1.1486\text{m}^3} = \frac{X}{1\text{m}^3}$$

$$\text{Arena} \rightarrow X = 0.6185\text{m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{0.292\text{m}^3}{1.1486\text{m}^3} = \frac{X}{1\text{m}^3}$$

$$\text{Agua} \rightarrow X = 0.2542\text{m}^3$$

$$W_{\text{total para 1m}^3 \text{ de mezcla}} = 0.1273 \text{ m}^3 + 0.6185 \text{ m}^3 + 0.2542 \text{ m}^3 = \mathbf{1 \text{ m}^3}$$

### **Paso 3**

**Pasar los Volúmenes de los materiales a Peso.**

$$W_{\text{cimento}} = (0.1273 \text{ m}^3) * (3.17) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = \mathbf{403.56 \text{ Kg}}$$

$$W_{\text{arena}} = (0.6185 \text{ m}^3) * (2.51) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = \mathbf{1,552 \text{ Kg}}$$

$$W_{\text{agua}} = (0.2542 \text{ m}^3) * (1000 \text{ Lts/m}^3) = 254.2 \text{ Lts (Esta solo es agua de diseño)}$$

**Con el agua por absorción sería:**

$$W_{\text{agua}} = 254.2 \text{ Lts} + \left( (1,552) \left( \frac{5.5}{100} \right) \right) = \mathbf{339.56 \text{ Lts}}$$

NUEVOS PESOS DE MATERIALES PARA 12 ESPECÍMENES DE MORTERO						
Peso en Mesa de Fluidéz			12	1.2		
	kg	gr	para 12 especímenes (gr)	FD		Fluidéz
Peso de Cemento	0.052926	53	635	762	gr	79%
Peso de Arena	0.203454	203	2441	2930	gr	
Peso de Agua	0.044533	45	534	641	gr o ml	

$$R^a/c = 0.67$$

Tabla N°A-3.4 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Diseño de Mortero.

RESULTADOS OBTENIDOS DEL LABORATORIO				
Material	PVSS (Kg/m <sup>3</sup> )	PVSC (Kg/m <sup>3</sup> )	Gravedad Especifica	% Absorción
Cemento	1125	-	3.17	-
Arena	1410	1488	2.51	5.5

### 1. Volumen de Lechada.

$$1 - \frac{1410 \text{ (Kg/m}^3\text{)}}{2.51(1000)} = 0.438\text{m}^3$$

### 2. Volumen de Cemento.

$$V_{\text{cemento}} = \frac{42.5 \text{ Kg}}{3.17(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.013\text{m}^3$$

$$W_w = 42.5 \text{ Kg} (0.67) = 28.475\text{Kg}$$

$$W_w = \frac{28.475 \text{ Kg}}{(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.028475\text{m}^3$$

$$\text{Volumen de Lechada} = 0.013\text{m}^3 + 0.028475\text{m}^3 = 0.042\text{m}^3$$

### 3. Volumen para 1m<sup>3</sup> de Mezcla.

$$\text{Cemento} = \frac{0.013\text{m}^3}{0.042\text{m}^3} = \frac{1\text{m}^3}{0.438\text{m}^3}$$

$$\text{Cemento} = 0.140\text{m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{0.028475\text{m}^3}{0.042\text{m}^3} = \frac{\text{Agua}}{0.438\text{m}^3}$$

$$\text{Agua} = 0.298\text{m}^3$$

$$\text{Volumen para 1m}^3\text{de mezcla} = 0.140\text{m}^3 + 0.298\text{m}^3 = 0.438\text{m}^3$$

#### 4. Peso del Material

$$W_{\text{cimento}} = (3.17) * (0.140\text{m}^3) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = 444.71 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{agua}} = (0.298\text{m}^3) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = 298 \text{ Lts}$$

$$W_{\text{arena}} = 1,410 \text{ Kg}$$

#### 5. Corrección por Absorción.

$$W_{\text{abs}} = 1,410 \text{ Kg} \left( \frac{5.5}{100} \right) = 77.55 \text{ Lts}$$

$$\text{Agua total de Mezcla} = 298 \text{ Lts} + 77.55 \text{ Lts} = 375.55 \text{ Lts}$$

#### 6. Cálculo de Volúmenes Suelos.

$$V_{\text{cimento}} = \frac{444.71 \text{ Kg}}{(1125 \text{ Kg/m}^3)} = 0.3953 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{arena}} = \frac{(1410 \text{ Kg/m}^3)}{(1410 \text{ Kg/m}^3)} = 1 \text{ m}^3$$

#### 7. Proporciones.

$$\text{Cemento} = \frac{0.3953\text{m}^3}{0.3953\text{m}^3} = 1$$

$$\text{Cemento} = \frac{1\text{m}^3}{0.3953\text{m}^3} = 2.530$$

$$W_{\text{cimento}} = 444.71 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{arena}} = 1,410 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{agua}} = 375.55 \text{ Lts}$$

PESOS DE MATERIALES PARA 12 ESPECÍMENES DE MORTERO						
Peso en Mesa de Fluides			12	1.2		
	kg	gr	para 12 especímenes (gr)	FD		Fluides
Peso de Cemento	0.058	58	700	840	gr	131%
Peso de Arena	0.185	185	2218	2662	gr	
Peso de Agua	0.049	49	591	709	gr o ml	

## CORRECCIÓN

Para alcanzar la fluidez solicitada por HOPSA se realizó el siguiente ajuste al diseño agregando arena, (585gr de arena a un peso de 12 cubos) encontrando que nuestro nuevo peso de material para  $1\text{m}^3$  es de  $1782\text{ Kg/m}^3$ .

Peso de arena para 12 cubos sin corrección por fluidez = 2220 gr

Peso de arena para 12 cubos con corrección por fluidez = 2805 gr

$$\frac{2.805\text{ kg}}{X} = \frac{(1.573158144 * 10^{-3}\text{m}^3)}{1\text{m}^3}$$

$$X = 1782\text{ Kg}$$

Donde este sería nuestro nuevo peso de arena para un metro cubico de mezcla.

### Nuevos Pesos de Materiales.

Wcemento = 444.71 Kg

Warena = 1,782 Kg

(Agua sin corrección por absorción)

Wagua = 298 Lts

### **Paso 1**

**Pasar los pesos de material a volúmenes sólidos.**

$$W_{\text{cimento}} = \frac{444.71 \text{ Kg}}{3.17(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.1403 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{arena}} = \frac{1,782 \text{ Kg}}{2.51(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.7104 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{agua}} = \frac{298 \text{ Lts}}{(1000 \text{ Lts/m}^3)} = 0.298 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{total de mezcla}} = 1.1487 \text{ m}^3$$

### **Paso 2**

**Calcular volúmenes para 1m<sup>3</sup> de mezcla.**

$$\text{Cemento} = \frac{0.1403 \text{ m}^3}{1.1487 \text{ m}^3} = \frac{X}{1 \text{ m}^3}$$

$$\text{Cemento} \rightarrow X = 0.1221 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena} = \frac{0.7104 \text{ m}^3}{1.1487 \text{ m}^3} = \frac{X}{1 \text{ m}^3}$$

$$\text{Arena} \rightarrow X = 0.6185 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{0.298 \text{ m}^3}{1.1487 \text{ m}^3} = \frac{X}{1 \text{ m}^3}$$

$$\text{Agua} \rightarrow X = 0.2594 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{total para 1m}^3 \text{ de mezcla}} = 0.1221 \text{ m}^3 + 0.6185 \text{ m}^3 + 0.2594 \text{ m}^3 = \mathbf{1 \text{ m}^3}$$



### **Paso 3**

**Pasar los Volúmenes de los materiales a Peso.**

$$W_{\text{cimento}} = (0.1221 \text{ m}^3) * (3.17) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = \mathbf{387.057 \text{ Kg}}$$

$$W_{\text{arena}} = (0.6185 \text{ m}^3) * (2.51) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = \mathbf{1,552 \text{ Kg}}$$

$$W_{\text{agua}} = (0.2594 \text{ m}^3) * (1000 \text{ Lts/m}^3) = 259.4 \text{ Lts} \text{ (Ésta solo es agua de diseño)}$$

**Con el agua por absorción sería:**

$$W_{\text{agua}} = 259.4 \text{ Lts} + \left( (1,552) \left( \frac{5.5}{100} \right) \right) = \mathbf{344.76 \text{ Lts}}$$

NUEVOS PESOS DE MATERIALES PARA 12 ESPECÍMENES DE MORTERO						
Peso en Mesa de Fluidéz			12	1.2		
	kg	gr	para 12 especímenes (gr)	FD		Fluidéz
Peso de Cemento	0.050778	51	609	731	gr	84%
Peso de Arena	0.203454	203	2441	2930	gr	
Peso de Agua	0.045211	45	543	651	gr o ml	

$$R^a/c = 0.70$$

Tabla N°A-3.5 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Diseño de Mortero.

RESULTADOS OBTENIDOS DEL LABORATORIO				
Material	PVSS (Kg/m <sup>3</sup> )	PVSC (Kg/m <sup>3</sup> )	Gravedad Especifica	% Absorción
Cemento	1125	-	3.17	-
Arena	1410	1488	2.51	5.5

### 1. Volumen de Lechada.

$$1 - \frac{1410 \text{ (Kg/m}^3\text{)}}{2.51(1000)} = 0.438$$

### 2. Volumen de Cemento.

$$V_{\text{cemento}} = \frac{42.5 \text{ Kg}}{3.17(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.013\text{m}^3$$

$$W_w = 42.5 \text{ Kg} (0.70) = 29.75\text{Kg}$$

$$W_w = \frac{29.75 \text{ Kg}}{(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.02975\text{m}^3$$

$$\text{Volumen de Lechada} = 0.013\text{m}^3 + 0.02975\text{m}^3 = 0.043\text{m}^3$$

### 3. Volumen para 1m<sup>3</sup> de Mezcla.

$$\text{Cemento} = \frac{0.013\text{m}^3}{0.043\text{m}^3} = \frac{1\text{m}^3}{0.438\text{m}^3}$$

$$\text{Cemento} = 0.136\text{m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{0.02975\text{m}^3}{0.043\text{m}^3} = \frac{\text{Agua}}{0.438\text{m}^3}$$

$$\text{Agua} = 0.302\text{m}^3$$

$$\text{Volumen para 1m}^3\text{de mezcla} = 0.136\text{m}^3 + 0.302\text{m}^3 = 0.438\text{m}^3$$

#### 4. Peso del Material.

$$W_{\text{cimento}} = (3.17) * (0.136\text{m}^3) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = 431.58 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{agua}} = (0.302\text{m}^3) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = 302 \text{ Lts}$$

$$W_{\text{arena}} = 1,410 \text{ Kg}$$

#### 5. Corrección por Absorción.

$$W_{\text{abs}} = 1,410 \text{ Kg} \left( \frac{5.5}{100} \right) = 77.55 \text{ Lts}$$

$$\text{Agua total de Mezcla} = 302 \text{ Lts} + 77.55 \text{ Lts} = 379.55 \text{ Lts}$$

#### 6. Cálculo de Volúmenes Suelos.

$$V_{\text{cimento}} = \frac{431.58 \text{ Kg}}{(1125 \text{ Kg/m}^3)} = 0.3836 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{arena}} = \frac{(1410 \text{ Kg/m}^3)}{(1410 \text{ Kg/m}^3)} = 1 \text{ m}^3$$

#### 7. Proporciones.

$$\text{Cemento} = \frac{0.3836\text{m}^3}{0.3836\text{m}^3} = 1$$

$$\text{Cemento} = \frac{1\text{m}^3}{0.3836\text{m}^3} = 2.61$$

$$W_{\text{cimento}} = 431.58 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{arena}} = 1,410 \text{ Kg}$$

$$W_{\text{agua}} = 379.55 \text{ Lts}$$

PESOS DE MATERIALES PARA 12 ESPECÍMENES DE MORTERO						
Peso en Mesa de Fluides			12	1.2		
	kg	gr	para 12 especímenes (gr)	FD		Fluides
Peso de Cemento	0.0566	57	679	815	gr	
Peso de Arena	0.1848	185	2218	2662	gr	143%
Peso de Agua	0.0498	50	597	717	gr o ml	

## CORRECCIÓN

Para alcanzar la fluides solicitada por HOPSA se realizó el siguiente ajuste al diseño agregando arena, (585gr de arena a un peso de 12 cubos) encontrando que nuestro nuevo peso de material para 1m<sup>3</sup> es de 1782 Kg/m<sup>3</sup>.

Peso de arena para 12 cubos sin corrección por fluides = 2220 gr

Peso de arena para 12 cubos con corrección por fluides = 2805 gr

$$\frac{2.805 \text{ kg}}{X} = \frac{(1.573158144 * 10^{-3} \text{ m}^3)}{1 \text{ m}^3}$$

$$X = 1782 \text{ Kg}$$

Donde este sería nuestro nuevo peso de arena para un metro cubico de mezcla.

### Nuevos Pesos de Materiales.

Wcemento = 431.58 Kg

Warena = 1,782 Kg

**(Agua sin corrección por absorción)**

Wagua = 302 Lts

### **Paso 1**

**Pasar los pesos de material a volúmenes sólidos.**

$$W_{\text{cimento}} = \frac{431.58 \text{ Kg}}{3.17(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.1361 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{arena}} = \frac{1,782 \text{ Kg}}{2.51(1000 \text{ Kg/m}^3)} = 0.7104 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{agua}} = \frac{302 \text{ Lts}}{(1000 \text{ Lts/m}^3)} = 0.302 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{total de mezcla}} = 1.1485 \text{ m}^3$$

### **Paso 2**

**Calcular volúmenes para 1m<sup>3</sup> de mezcla.**

$$\text{Cemento} = \frac{0.1361 \text{ m}^3}{1.1485 \text{ m}^3} = \frac{X}{1 \text{ m}^3}$$

$$\text{Cemento} \rightarrow X = 0.1185 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena} = \frac{0.7104 \text{ m}^3}{1.1485 \text{ m}^3} = \frac{X}{1 \text{ m}^3}$$

$$\text{Arena} \rightarrow X = 0.6185 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{0.302 \text{ m}^3}{1.1485 \text{ m}^3} = \frac{X}{1 \text{ m}^3}$$

$$\text{Agua} \rightarrow X = 0.2630 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{total para 1m}^3 \text{ de mezcla}} = 0.1185 \text{ m}^3 + 0.6185 \text{ m}^3 + 0.2630 \text{ m}^3 = \mathbf{1 \text{ m}^3}$$

### **Paso 3**

**Pasar los Volúmenes de los materiales a Peso.**

$$W_{\text{cimento}} = (0.1185 \text{ m}^3) * (3.17) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = \mathbf{376 \text{ Kg}}$$

$$W_{\text{arena}} = (0.6185 \text{ m}^3) * (2.51) * (1000 \text{ Kg/m}^3) = \mathbf{1,552 \text{ Kg}}$$

$$W_{\text{agua}} = (0.2630 \text{ m}^3) * (1000 \text{ Lts/m}^3) = 263 \text{ Lts (Este solo es agua de diseño)}$$

**Con el agua por absorción sería:**

$$W_{\text{agua}} = 263 \text{ Lts} + \left( (1,552) \left( \frac{5.5}{100} \right) \right) = \mathbf{348.36 \text{ Lts}}$$

PESOS DE MATERIALES PARA 12 ESPECÍMENES DE MORTERO						
Peso en Mesa de Fluidéz			12	1.2		
	kg	gr	para 12 especímenes (gr)	FD		Fluidéz
Peso de Cemento	0.049278	49	591	710	gr	93%
Peso de Arena	0.203454	203	2441	2930	gr	
Peso de Agua	0.045684	46	548	658	gr o ml	

- **A-3.2 PRUEBA DE FLUIDEZ DEL MORTERO DE CEMENTO.**

**Designación ASTM C-230:** Especificaciones estándar para la tabla de flujo para uso en pruebas de cemento hidráulico.

**Tabla N°A-3.6 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Peso para 12 especímenes.**

<b>Datos del Diseño de Mortero (Ra/c = 0.57)</b>		
<b>Pesos en Mesa de Fluidez</b>	<b>para 12 cubos (gramos)</b>	<b>Factor de desperdicio (20%)</b>
<b>Peso de Cemento</b>	678	814
<b>Peso de Arena</b>	2,442	2,930
<b>Peso de Agua</b>	521	625

**Tabla N°A-3.7 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Fluidez.**

<b>Prueba de Fluidez del Mortero de Cemento.</b>	
<b>Prueba N°1</b>	<b>Diámetro (mm)</b>
Vertical	159
Horizontal	153
Diagonal	152
Diagonal	158
PROMEDIO	156
<b>% Fluidez</b>	<b>56</b>

**Formula a utilizar en este ensaye:**

$$\% \text{ de Fluidez} = \left[ \frac{\text{Diametro promedio final} - \text{Diametro inicial}}{\text{Diametro inicial}} \right] * 100$$

$$\% \text{ de Fluidez} = \left[ \frac{156 \text{ mm} - 100 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \right] * 100$$

$$\% \text{ de Fluidez} = 56 \%$$

Tabla N°A-3.8 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Peso para 12 Especímenes.

Datos del Diseño de Mortero de Cemento (Ra/c = 0.60)		
Pesos en Mesa de Fluidez	para 12 cubos (gramos)	Factor de desperdicio (20%)
Peso de Cemento	656	787
Peso de Arena	2,442	2,930
Peso de Agua	528	633

Tabla N°A-3.9 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Fluidez.

Prueba de Fluidez del Mortero de Cemento.	
Prueba N°1	Diámetro (mm)
Vertical	165
Horizontal	157
Diagonal	158
Diagonal	165
PROMEDIO	161
% Fluidez	61

**Formula a utilizar en este ensaye:**

$$\% \text{ de Fluidez} = \left[ \frac{\text{Diametro promedio final} - \text{Diametro inicial}}{\text{Diametro inicial}} \right] * 100$$

$$\% \text{ de Fluidez} = \left[ \frac{161 \text{ mm} - 100 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \right] * 100$$

**% de Fluidez = 61 %**



Tabla N°A-3.10 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Peso para 12 Especímenes.

Datos del Diseño de Mortero de Cemento (Ra/c = 0.63)		
Pesos en Mesa de Fluidez	para 12 cubos (gramos)	Factor de desperdicio (20%)
Peso de Cemento	635	762
Peso de Arena	2,442	2,930
Peso de Agua	534	641

Tabla N°A-3.11 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Fluidez.

Prueba de Fluidez del Mortero de Cemento.	
Prueba N°1	Diámetro (mm)
Vertical	179
Horizontal	178
Diagonal	178
Diagonal	182
PROMEDIO	179
% Fluidez	79

**Formula a utilizar en este ensaye:**

$$\% \text{ de Fluidez} = \left[ \frac{\text{Diametro promedio final} - \text{Diametro inicial}}{\text{Diametro inicial}} \right] * 100$$

$$\% \text{ de Fluidez} = \left[ \frac{179 \text{ mm} - 100 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \right] * 100$$

$$\% \text{ de Fluidez} = 79 \%$$

Tabla N°A-3. 12 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Peso para 12 Especímenes.

Datos del Diseño de Mortero de Cemento (Ra/c = 0.67)		
Pesos en Mesa de Fluidez	para 12 cubos (gramos)	Factor de desperdicio (20%)
Peso de Cemento	609	731
Peso de Arena	2,442	2,930
Peso de Agua	543	651

Tabla N°A-3.13 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Fluidez.

Prueba de Fluidez del Mortero de Cemento.	
Prueba N°1	Diámetro (mm)
Vertical	183
Horizontal	184
Diagonal	185
Diagonal	184
PROMEDIO	184
% Fluidez	84

**Formula a utilizar en este ensaye:**

$$\% \text{ de Fluidez} = \left[ \frac{\text{Diametro promedio final} - \text{Diametro inicial}}{\text{Diametro inicial}} \right] * 100$$

$$\% \text{ de Fluidez} = \left[ \frac{184 \text{ mm} - 100 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \right] * 100$$

$$\% \text{ de Fluidez} = 84 \%$$

Tabla N°A-3.14 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Peso para 12 Especímenes.

Datos del Diseño de Mortero de Cemento (Ra/c = 0.70)		
Pesos en Mesa de Fluidez	para 12 cubos (gramos)	Factor de desperdicio (20%)
Peso de Cemento	591	710
Peso de Arena	2,442	2,930
Peso de Agua	548	658

Tabla N°A-3.15 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Fluidez.

Prueba de Fluidez del Mortero de Cemento.	
Prueba N°1	Diámetro (mm)
Vertical	190
Horizontal	200
Diagonal	195
Diagonal	188
PROMEDIO	193
% Fluidez	93

**Formula a utilizar en este ensaye:**

$$\% \text{ de Fluidez} = \left[ \frac{\text{Diametro promedio final} - \text{Diametro inicial}}{\text{Diametro inicial}} \right] * 100$$

$$\% \text{ de Fluidez} = \left[ \frac{193 \text{ mm} - 100 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \right] * 100$$

$$\% \text{ de Fluidez} = 93\%$$

- **A-3.3 RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES DE MORTERO DE CEMENTO.**

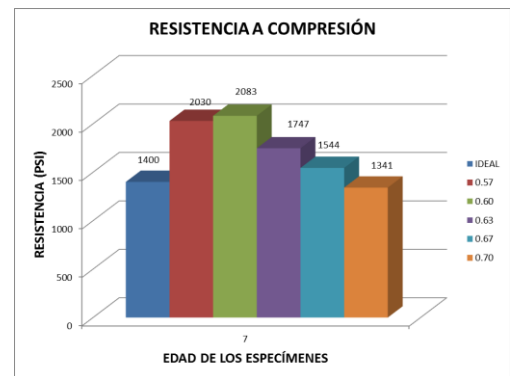
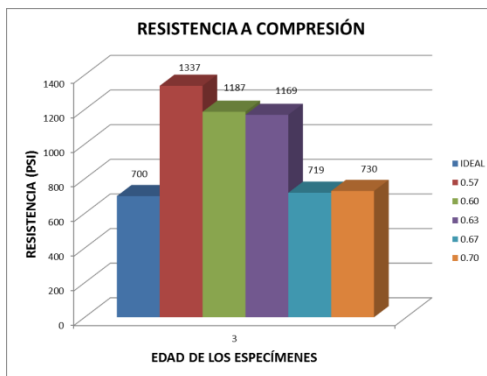
**Designación ASTM C-109:** Determinación de la resistencia a la compresión de mortero de cemento hidráulico usando especímenes cúbicos de 50 mm (2 pulg) de lado.

- **A-3.3.1 Resumen de Resultados Ensayo de Resistencia a Compresión de Especímenes de Mortero.**

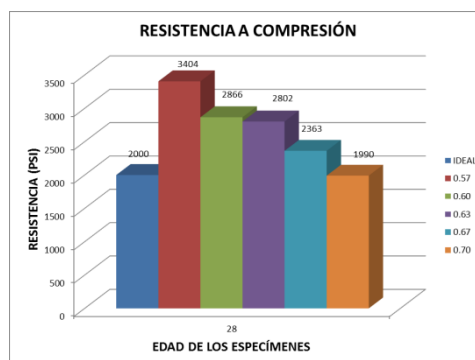
- **A-3.3.1.1 Sin Aditivo.**

Tabla N°A-3.16 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Resistencia a Compresión.

Resistencia a Compresión (PSI)						
DIAS	IDEAL	0.57	0.6	0.63	0.67	0.7
3	700	1337	1187	1169	719	830
7	1400	2030	2083	1747	1544	1341
28	2000	3404	2866	2802	2363	1990



**Gráfico N°A-3. 1 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Comportamiento de Resistencia a Compresión.**



- **A-3.3.3.2 Con Aditivo.**
- **0.20% Aditivo.**

Tabla N°A-3.17 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Resistencia a Compresión.

Resistencia a Compresión (PSI)			
	3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
<b>Ra/c Patrón</b>	719	1544	2363
<b>0.20%</b>	812	1213	2294
<b>0.20% - W</b>	750	1271	2053
<b>0.20% - 5%W</b>	532	1236	1760

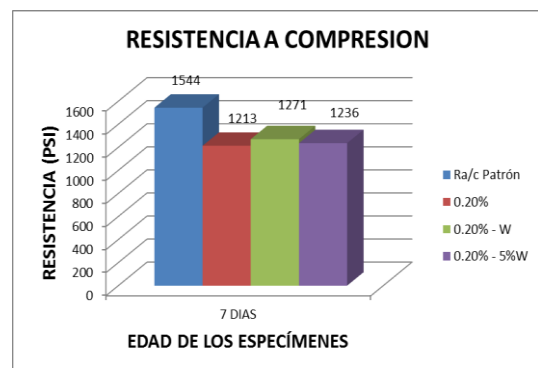
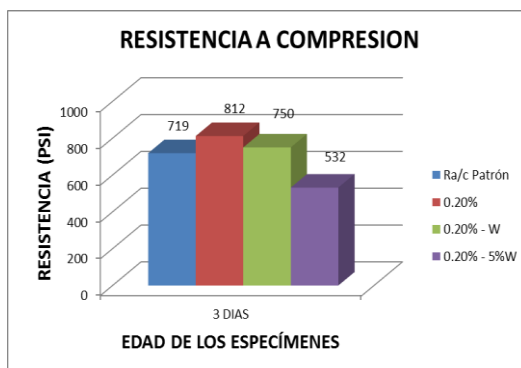
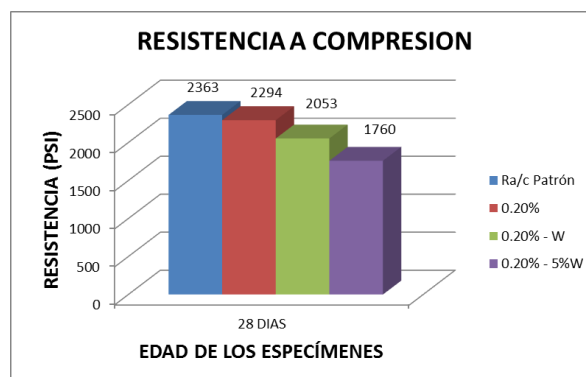


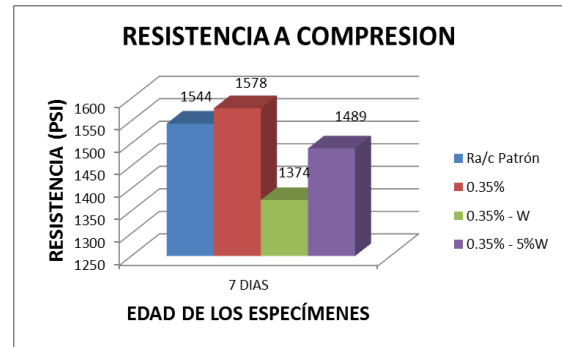
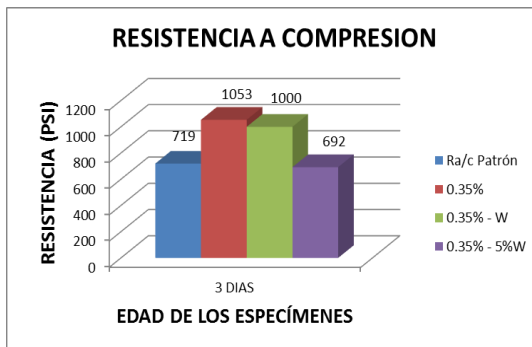
Gráfico N°A-3. 2 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Comportamiento de Resistencia a Compresión.



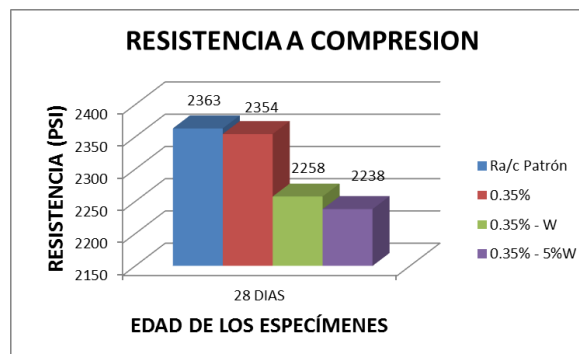
- **0.35% Aditivo.**

**Tabla N°A-3.18 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Resistencia a Compresión.**

RESISTENCIA A COMPRESION (PSI)			
	3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
<b>Ra/c Patrón</b>	719	1544	2363
<b>0.35%</b>	1053	1578	2354
<b>0.35% - W</b>	1000	1374	2258
<b>0.35% - 5%W</b>	692	1489	2238



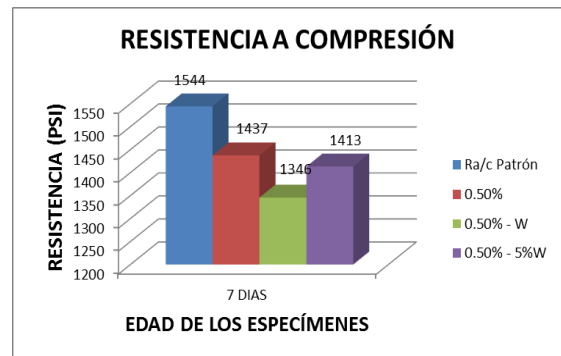
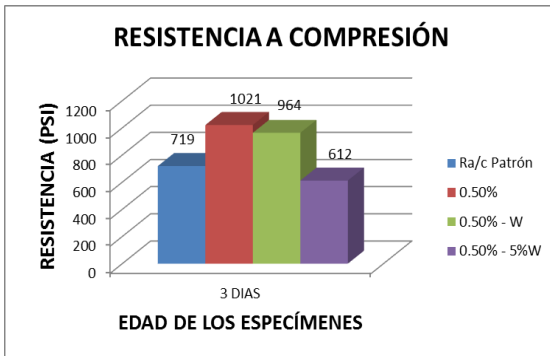
**Gráfico N°A-3.3 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Comportamiento de Resistencia a Compresión.**



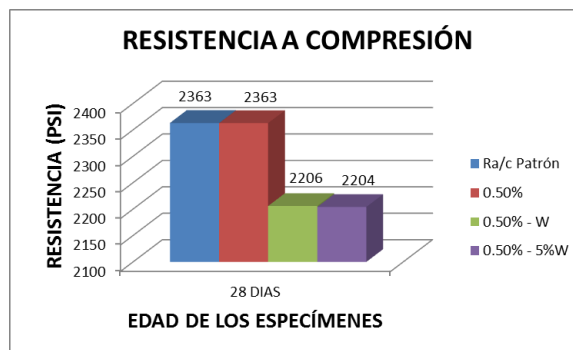
- **0.5% Aditivo.**

**Tabla N°A-3.19 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Resistencia a Compresión.**

Resistencia a Compresión (PSI)			
	3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
<b>Ra/c Patrón</b>	719	1544	2363
<b>0.50%</b>	1021	1437	2363
<b>0.50% - W</b>	964	1346	2206
<b>0.50% - 5%W</b>	612	1413	2204



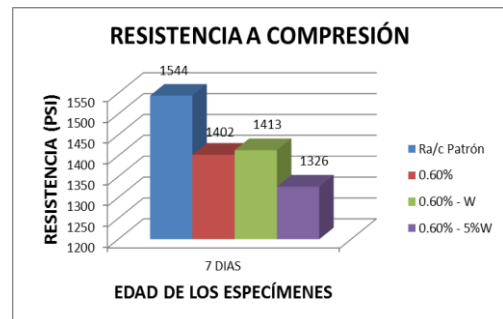
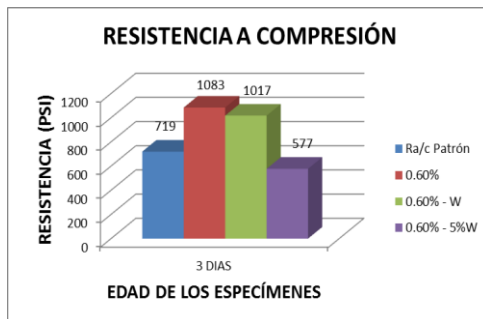
**Gráfico N°A-3.4 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Comportamiento de Resistencia a Compresión.**



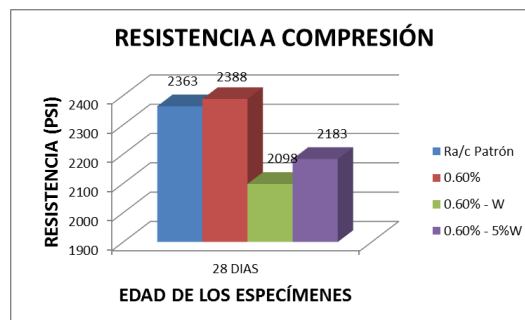
- **0.60% Aditivo.**

**Tabla N°A-3.20 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Resistencia a Compresión.**

Resistencia a Compresión (PSI)			
	3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
<b>Ra/c Patrón</b>	719	1544	2363
<b>0.60%</b>	1083	1402	2388
<b>0.60% - W</b>	1017	1413	2098
<b>0.60% - 5%W</b>	577	1326	2183



**Gráfico N°A-3.5 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Comportamiento de Resistencia a Compresión.**

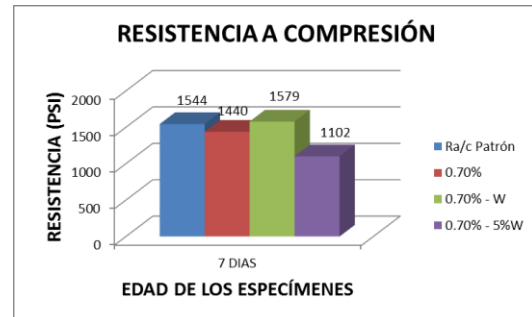
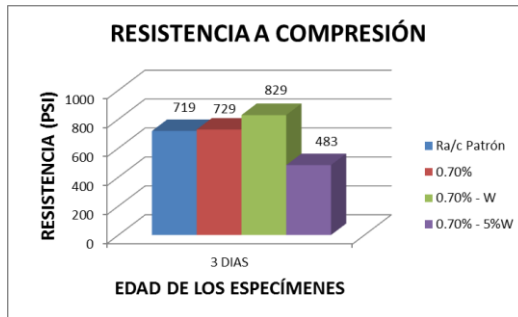




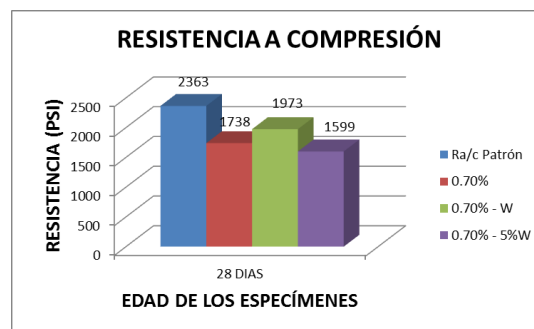
- **0.7% Aditivo.**

**Tabla N°A-3.21 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Resistencia a Compresión.**

Resistencia a Compresión (PSI)			
	3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
<b>Ra/c Patrón</b>	719	1544	2363
<b>0.70%</b>	729	1440	1738
<b>0.70% - W</b>	829	1579	1973
<b>0.70% - 5%W</b>	483	1102	1599



**Gráfico N°A-3.6 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Comportamiento de Resistencia a Compresión.**



- 1.0% Aditivo.

Tabla N°A-3.22 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Resistencia a Compresión.

Resistencia a Compresión (PSI)			
	3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
Ra/c Patrón	719	1544	2363
1.00%	812	1068	1911
1.0% - W	909	1147	1981
1.0% - 5%W	549	1273	1935

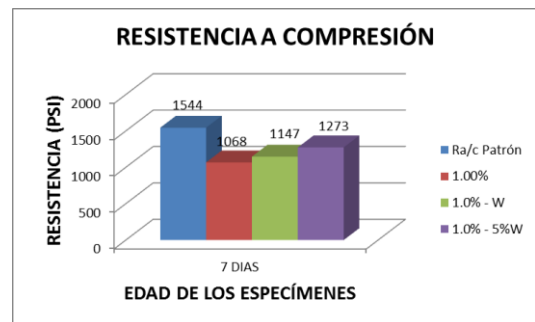
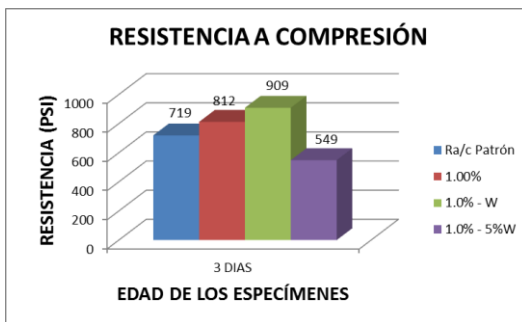
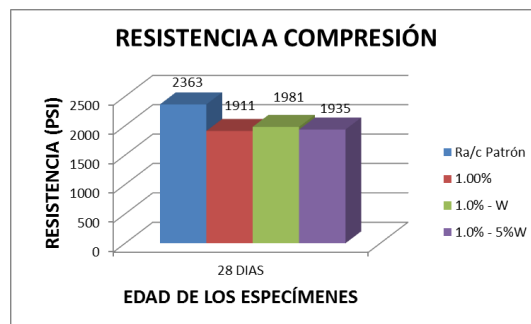


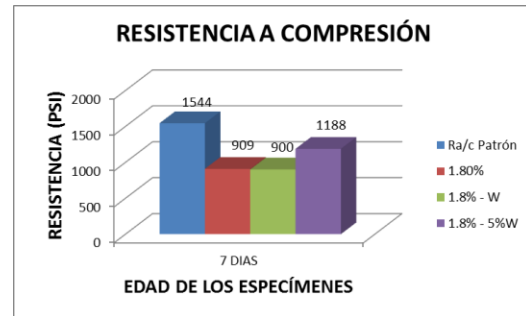
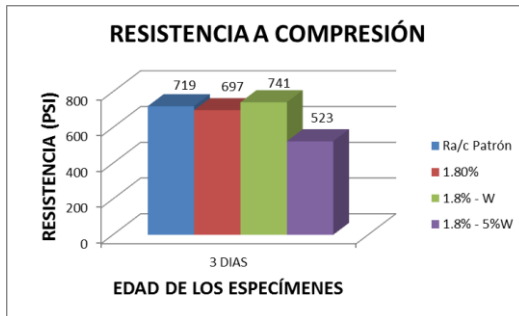
Gráfico N°A-3.7 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Comportamiento de Resistencia a Compresión.



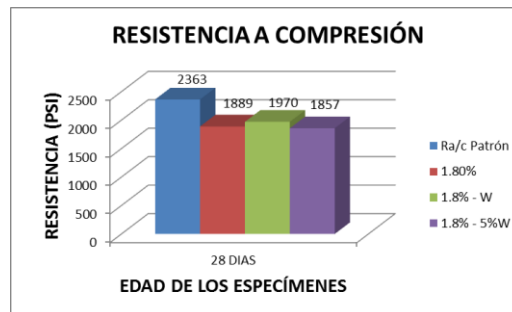
- **1.8% Aditivo.**

**Tabla N°A-3. 23 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Resistencia a Compresión.**

RESISTENCIA A COMPRESIÓN (PSI)			
	3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
<b>Ra/c Patrón</b>	719	1544	2363
<b>1.80%</b>	697	909	1889
<b>1.8% - W</b>	741	900	1970
<b>1.8% - 5%W</b>	523	1188	1857



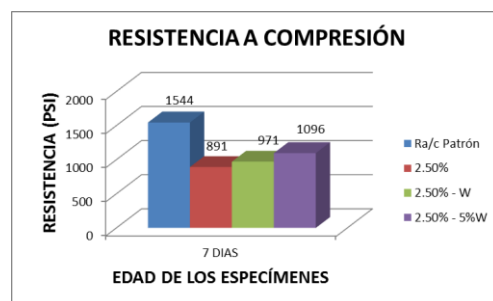
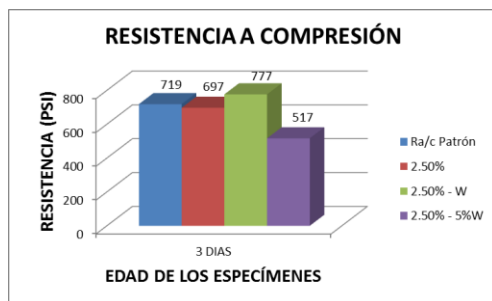
**Gráfico N°A-3. 8 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Comportamiento de Resistencia a Compresión.**



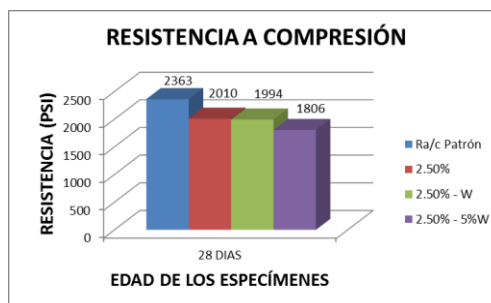
- **2.5% Aditivo.**

**Tabla N°A-3. 24 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Resistencia a Compresión.**

RESISTENCIA A COMPRESIÓN (PSI)			
	3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
<b>Ra/c Patrón</b>	719	1544	2363
<b>2.50%</b>	697	891	2010
<b>2.50% - W</b>	777	971	1994
<b>2.50% - 5%W</b>	517	1096	1806



**Gráfico N°A-3.9 Resumen Datos Obtenidos en Laboratorio-Comportamiento de Resistencia a Compresión.**



- **A-3.4 Resumen De Resultados.**

Resumen de Resultados.				
Pruebas Realizadas al Agregados (ARENA MOTASTEPE).				
			Resultados	
PVSS			1,410 kg/m <sup>3</sup>	
PVSC			1,488 kg/m <sup>3</sup>	
Gravedad Especifica (Ge)			2.52	
% de Absorción			5.5%	
% de Humedad			0.15%	
Granulometría				
Módulo de Finura			3.10	
Material más Fino que Tamiz N°200			8.46%	
Impureza Orgánica (Colorimetría)			3 escala (estándar)	
Pruebas al Cemento Tipo GU (CEMEX).				
Resultados				
			Sin Aditivo	Con Aditivo
Consistencia Normal			26%	-
Tiempo de Fraguado	F.I	125 min	F.I	178 min
	F.F	4:15 Hrs	F.F	5:45 Hrs
Gravedad Específica			3.17	-
Pruebas al Mortero de Cemento en Estado Fresco. <sup>1</sup>				
Resultados				
			Sin Aditivo	Con Aditivo
Fluidez			84%	93%
Perdida por Rebote en Paneles Covintec			28%	23%
Pruebas al Mortero de Cemento en Estado Endurecido. <sup>2</sup>				
Resultados				
			Sin Aditivo	Con Aditivo
Resistencia a Compresión				
28 días de edad			2,363 PSI	2,388 PSI

<sup>1</sup> El resultado mostrado es el obtenido para un % de aditivo de 0.6% (cantidad agregada a la mezcla para repello)

<sup>2</sup> El resultado mostrado es el obtenido para un % de aditivo de 0.6% (con este se obtuvo la mayor resistencia a los 28 días de edad)

## **ANEXO A-4 Imágenes de Elaboración de Ensayos.**

**Ilustración N°A-4. 1 Preparación de Muestra y PVSS-PVSC de la Arena.**



**Ilustración N°A-4. 2 Ge de la Arena.**



**Ilustración N°A-4. 3 Granulometría de la Arena.**



**Ilustración N°A-4. 4 Colorimetría de la Arena.**





**Ilustración N°A-4. 5 Consistencia Normal del Cemento.**



**Ilustración N°A-4. 6 Fraguado del Cemento.**



**Ilustración N°A-4. 7 Elaboración y Ensayo de Cubos-Resistencia a Compresión.**





**Ilustración N°A-4. 8 Repello de Paneles Covintec.**

